



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“DISEÑO DE SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN CON OBRAS DE CAPTACIÓN
UTILIZANDO COSECHA DE AGUA EN CÍTRICOS INJERTOS, NARANJA
VALENCIA (*CITRUS CINENSES*), LIMÓN TAHITÍ (*CITRUS LATIFOLIA*),
MANDARINA (*CITRUS RETICULATA*), EN LA FINCA EL PARAISO, MUNICIPIO
SAN JUAN DE LA CONCEPCIÓN, DEPARTAMENTO DE MASAYA”**

TRABAJO MONOGRÁFICO PRESENTADO POR:

Br. Luis Carlos Martínez Medina

Br. Julio César López Pérez

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

TUTOR

Ing. Raquel Dolores Izaba Ruíz

Managua, Nicaragua.

JUNIO, 2013

Dedicatoria

Dedico este proyecto monográfico a las personas que han estado conmigo a cada paso que doy:

A mis padres (María de los Santos Pérez López y Pedro José Pérez Leytón): por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar y por su constante apoyo a lo largo de mi vida.

A mi esposa e hijo (Hazel Gutiérrez Aragón y Vassili Amaury López Gutiérrez): Por ser la razón de mí existir, sin ellos la fuerza de levantarme cada día para ser mejor persona no sería una realidad.

A mis hermanos y amigos: por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

Br. Julio César López Pérez

Agradecimiento

Los resultados de este proyecto están dedicados a todas aquellas personas que de alguna forma son parte de su culminación, mis más sinceros agradecimientos están dirigidos a:

Mis padres (María de los Santos Pérez López y Pedro José Pérez Leytón) por ser un ejemplo a seguir de trabajo y colaboración con los demás, por su ayuda, apoyo, consejos y su ejemplo de perseverancia, rectitud, integridad y ética.

A mi esposa e hijo (Hazel Gutiérrez Aragón y Vassili Amaury López Gutiérrez) por su apoyo, paciencia y aliento.

A los docentes que me brindaron sus conocimientos y experiencia, especialmente a: Ing. Raquel Izaba Ruiz e Ing. Horacio González Áreas.

A las excelentísimas autoridades de nuestra facultad (FTC) que siempre estuvieron dispuestos a apoyarme.

A Dios por permitirme tener la fuerza para culminar mi carrera, y darme salud para hacerlo.

Br. Julio César López Pérez

Dedicatoria

A mi madre, Sra. Karla Celina Medina Romero, quién con su apoyo incondicional, perseverancia, respaldo y amor, me ha ayudado a finalizar otro ciclo más de mi vida, dándome la oportunidad de crecer tanto espiritual como profesionalmente.

A mi familia, que siempre ha estado al lado mío, apoyando y respaldando cada decisión que he tomado, siendo estos factores importantes para culminar mis estudios universitarios.

A mis amistades, que siempre han estado presentes, dándome el consejo, apoyo y respaldo que necesitaba para lograr terminar este proceso importante.

Br. Luis Carlos Martínez Medina

Agradecimiento

No hubiese sido posible la realización de este documento sin la ayuda de diferentes personas que han aportado muchos aspectos importantes; entre ellos:

Mi madre, Sra. Karla Celina Medina Romero, a quién le quiero agradecer todo lo que tuve, tengo y tendré, durante el resto de mi vida. Su amor ha sido el motivo fundamental para seguir adelante y avanzar en mi crecimiento espiritual, intelectual y profesional.

Mi familia, que nunca ha dudado en darme todo el cariño y apoyo que necesito para siempre perseguir mis sueños y metas.

Mis profesores, quienes no han dudado en transmitir sus conocimientos para ayudarme a finalizar este periodo fundamental de mi vida. En especial a: Ing. Raquel Dolores Izaba Ruiz, Ing. Horacio González Aria e Ing. José Mamerto Méndez Úbeda. Me han brindado sus sabios consejos que me han conducido a la finalización de este proyecto.

Mis amistades, que a lo largo de mi carrera han sido espectadores y actores en mis logros y derrotas.

Br. Luis Carlos Martínez Medina

RESUMEN

El presente documento consiste en la realización de un diseño de sistema de fertirrigación por goteo, con una obra de captación, utilizando cosecha de agua, para cultivos cítricos injertos, Naranja Valencia, Limón Tahití y Mandarina, en el departamento de Masaya, municipio de La Concepción.

Esta investigación abarcó el desarrollo de una obra de captación de agua con el propósito de elaborar un riego de subsistencia para los periodos en los que los cultivos requieren de una aplicación de fertirriego en cada una de uno de sus periodos de desarrollo. Para este fin se evalúa los datos climatológicos proporcionados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), para determinar la probabilidad de precipitación anual en la zona de estudio, teniendo 1,067.92 m.m. anuales, esta lámina de agua nos proporcionará la dimensión de la obra de captación.

La obra de captación está compuesta por un reservorio y una estructura de techo, teniendo este último las dimensiones de 20 m x 30 m, captando un volumen de agua pluvial anual de 640.752 m³ y con un reservorio de 10 m de ancho 20 m de largo y 3.5 m de hondo, teniendo un volumen de 700 m³. El volumen de agua pluvial anual determinará los periodos de fertirrigación que se efectuaran en los ciclos de cada cultivo.

En el sistema de riego se aplican fertilizantes solubles de acuerdo a los requerimientos de los cultivos, en esta investigación se determinó que se estará inyectando al sistema de redes de tuberías las cantidades de: 5 qq de nitrato de amonio, 4 qq de fosfato monoamónico, y 2 qq de cloruro de potasio para el cultivo de naranja; 3 qq de nitrato de amonio, 2 qq de fosfato monoamónico, y 1 qq de cloruro de potasio para el cultivo de mandarina; 1 qq de nitrato de amonio, 1 qq de fosfato monoamónico, y 1 qq de cloruro de potasio para el cultivo del limón. Esto en las diferentes etapas de desarrollo de la fruta del cultivo para así mejorar la calidad de este.

INDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1.	INTRODUCCION	1
1.2.	ANTECEDENTES	2
1.3.	JUSTIFICACIÓN	3
1.4.	OBJETIVOS	4
1.5.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
1.5.1.	Macrolocalización	5
1.5.2.	Microlocalización	5

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.	SUELOS AGRÍCOLAS	6
2.1.1.	Análisis de suelo	6
2.1.2.	Muestreo de suelos	7
2.1.3.	Sistemas de determinación para suelos	7
2.1.4.	Tipos de muestras	8
2.2.	ANÁLISIS FOLIAR	8
2.3.	PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO	9
2.3.1.	La textura	9
2.3.2.	La estructura	9
2.3.3.	Color	9
2.3.4.	Grado de humedad	10
2.3.5.	Humedad equivalente	10
2.3.6.	Grado de saturación	10
2.3.7.	Capacidad de retención específica	10
2.3.8.	Densidad aparente	10
2.3.9.	Densidad real	11
2.3.10.	Capacidad de campo	11
2.3.11.	Punto de marchitez permanente	12
2.3.12.	Porosidad	12
2.3.13.	Infiltración básica	13
2.3.14.	Norma neta	13
2.3.15.	Agua utilizada por las plantas	13
2.4.	GENERALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	14
2.4.1.	Características del sistema de riego por goteo	14
2.4.2.	Ventajas del sistema de riego por goteo	15
2.4.3.	Desventajas del sistema de riego por goteo	15
2.4.4.	Componentes del sistema de riego por goteo	16
2.4.5.	Características del gotero	16
2.5.	FERTILIZANTE	17
2.5.1.	Formas para hacer abonos o fertilizantes minerales	18
2.5.2.	Clasificación de los fertilizantes	18

2.5.3.	Aplicación de fertilizante por medio de riego por goteo	19
2.6.	MANEJO DE LA HUMEDAD EN LA ZONA RADICULAR	20
2.6.1.	Masa radicular	20
2.6.2.	Distribución de la zona radicular	20
2.6.3.	Bulbo húmedo	21
2.6.4.	Relación de humedad entre la zona radicular y el bulbo húmedo	22
2.6.5.	Régimen de humedad	22
2.6.6.	Dosis, frecuencia, tiempo de riego y número de emisores	23
2.6.7.	Frecuencia de riego	23
2.6.8.	Superficie mojada por emisor	23
2.6.9.	Porcentaje de superficie mojada	23
2.6.10.	Caudal nominal	24
2.6.11.	Presión nominal (po)	24
2.7.	DISEÑO HIDRAULICO	24
2.7.1.	Cálculo de la tubería lateral	24
2.7.2.	Diseño de tubería secundaria	25
2.7.3.	Diseño tubería principal	25
2.8.	COSECHA DEL AGUA	26
2.8.1.	Conceptos generales	26
2.9.	PARÁMETROS DE DISEÑO DE OBRA DE CAPTACIÓN	28
2.10.	ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE LOS CULTIVOS EN ESTUDIO	29
2.10.1.	Mandarina	29
2.10.1.1.	Taxonomía y morfología	29
2.10.1.2.	Requerimientos edafoclimáticos	29
2.10.1.3.	Material vegetal	31
2.10.1.4.	Riego	32
2.10.2.	Limón tahití	33
2.10.2.1.	Taxonomía y morfología	33
2.10.2.2.	Botánica	33
2.10.2.3.	Requerimientos edafoclimáticos	34
2.10.2.4.	Riego y drenaje	36
2.10.3.	Naranja valencia	36
2.10.3.1.	Morfología y taxonomía	36
2.10.3.2.	Requerimientos edafoclimáticos	37
2.10.3.3.	Material vegetal	38
2.10.4.	Patrón de injerto	38
2.10.4.1.	Morfología y taxonomía del swingle citrumelo cpb 4475	38
2.10.4.2.	Detalles de cultivo	38
2.10.4.3.	Detalles de los suelos para injertos	39
<i>CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO</i>		
3.1.	CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y CLIMA EN ZONA	40
3.1.1.	Características generales de los suelos existentes en la zona	40
3.1.2.	Clasificación del clima de la zona de estudio según KOPPEN	41
3.2.	MÉTODOS	41

3.2.1.	Propiedades hidrofísicas del suelo	41
3.2.1.1.	Análisis del suelo	43
3.2.2.	Análisis fisicoquímico del agua	44
3.2.3.	Pruebas de infiltración utilizando cilindros infiltrometros	45
3.2.4.	Cálculo de la curva de infiltración	46
3.2.5.	Determinación del bulbo húmedo (cuadrícula)	47
3.2.6.	Cálculo de precipitación media anual según polígono de Thiessen	47
3.2.7.	Cálculo de probabilidad de precipitación según la fórmula de Weibull	48
3.2.8.	Cálculo de la evapotranspiración (ET _o)	49
3.2.9.	Análisis de la estructura foliar	50
3.2.10.	Determinación de dosis de fertilizante	51
3.2.10.1.	Cálculo para el Nitrógeno (N)	52
3.2.10.2.	Cálculo para el fósforo (P)	53
3.2.10.3.	Cálculo para el potasio (K)	53
3.2.11.	DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO	54
3.2.11.1.	DISEÑO AGRONÓMICO	54
3.2.11.1.1.	Necesidades del cultivo	54
3.2.11.1.2.	Calculo necesidad diaria de agua de la planta	55
3.2.11.1.3.	Características hidráulica del gotero	56
3.2.11.1.4.	Cálculo número de gotero por planta	56
3.2.11.1.5.	Cálculo tiempo de riego (Tr)	57
3.2.11.1.6.	Cálculo del número de sectores (N sectores)	58
3.2.11.1.7.	Cálculo caudal de bombeo	58
3.2.11.1.8.	Caudal necesario para regar 1 ha de cultivo:	59
3.2.11.2.	DISEÑO HIDRAÚLICO	59
3.2.11.2.1.	Cálculo de la tubería lateral	59
3.2.11.2.2.	Pérdidas de carga admisible en el lateral	60
3.2.11.2.3.	Presión necesaria en el origen del lateral	62
3.2.11.2.4.	Diseño de tubería secundaria	62
3.2.11.2.5.	Pérdida de carga admisible en la secundaria	62
3.2.11.2.6.	Diseño tubería principal	64
3.2.11.2.7.	Longitud ficticia	65
3.2.11.2.8.	Potencia requerida de la bomba	65
3.2.12.	Cálculo cantidad de agua pluvial de la zona	66
3.2.13.	Diseño de la obra de captación	69
3.2.14.	Materiales y equipos	71

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1.	Análisis de suelo	72
4.1.1.	Características hidrofísicas del área de estudio	72
4.1.2.	Características químicas del área de estudio	73
4.1.3.	Velocidad de infiltración método cilindro infiltrometros	75
4.2.	Análisis fisicoquímico del agua para riego agrícola	76
4.3.	Topografía de la zona	78
4.4.	Características climatológicas de la zona	78
4.5.	Cálculo de precipitación media anual según polígono de Thiessen	82

4.6.	Cálculo de probabilidad de precipitación según la fórmula de Weibull	83
4.7.	Cálculo de la evapotranspiración (ET _o)	85
4.8.	Análisis de la estructura foliar	86
4.9.	Determinación de dosis de fertilizante	87
4.10.	Diseño agronómico	90
4.11.	Diseño hidráulico	91
4.11.1.	Diseño del lateral	91
4.11.2.	Diseño tubería secundaria	92
4.11.3.	Diseño tubería principal fuente	93
4.12.	Cálculo de la cantidad de agua pluvial de la zona	95
4.13.	Diseño de la obra de captación	95

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	97
5.2	Recomendaciones	98

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

El riego por goteo inició en Israel debido a la necesidad de optimizar el agua y reducir el uso excesivo de la misma. En Nicaragua se introdujo entre los años 60 y 90, el cual tuvo un auge en nuestro país, implementándose casi de forma inmediata en la mayoría de las fincas de explotación agrícola¹.

En conjunto con el riego por goteo o riego gota a gota, se puede implementar la aplicación de abonos (fertirriego), para la necesidad de facilitar el conjunto de labores requeridas para suplir el déficit de nutrientes de un cultivo. Este procedimiento se realiza a través de la aplicación directa de los fertilizantes solubles al sistema implementado, trasladándolo así hacia la planta para su debida absorción.

Debido a la utilización del riego localizado y fertilizantes, se presenta la necesidad de encontrar una fuente de agua, en este caso, implementar las acequias o reservorios, estas para el almacenaje de agua de lluvia también conocida como cosecha de agua pluvial; que no es más que la recolección de agua por métodos varios y el traslado de la misma hasta los reservorios donde se almacenará y se utilizará en tiempos de sequía y necesidad económica².

Cosechar agua de lluvia es una alternativa de abastecimiento de agua que se ha utilizado desde tiempos ancestrales, en especial en aquellas poblaciones que conviven con los efectos de la falta de agua para sus actividades cotidianas y sus actividades productivas, la cual tiene por características: Área de captación (techo), Sistema de conducción (canaletas), Sistema de almacenamiento (acequias o reservorios), Sistema de bombeo de agua. El agua de lluvia puede ser usada tanto como para suplir las necesidades de consumo diario como de uso productivo por lo que es importante tomar en cuenta que en el diseño de la cosecha de agua de lluvia se debe calcular la demanda del uso productivo (volumen disponible para riego) a la que se destine el agua³.

¹ Palomino Velázquez, 2009

² Rivera y Fandiño, 2004

³ Smith, Maireni y Núñez, 2010

1.2. ANTECEDENTES

El riego por goteo tuvo sus inicios en Neguev, zona árida en el sur de Israel, desarrollado por el Ing. Simja Blass, los primeros sistemas de goteo fueron en base a la generación de fricción, lo que producía flujo lineal. Luego, con el tiempo, la industria fue introduciendo mejoras técnicas tales como sistemas de auto compensación de presión y la tubería con goteros integrados. Ya en la década de 90' se introdujo el mecanismo antidrenante; el mecanismo de sifón y los sistemas anti raíces, estos dos últimos permitieron el desarrollo del gotero subterráneo⁴.

En Centroamérica y el Caribe ACICAFOC (Miembro Focal del Observatorio a la sostenibilidad, Red Latinoamericana) ha venido desarrollando diferentes proyectos en colaboración con diferentes entidades en relación a la Cosecha de Agua, tales como: en Santa Rosa del Peñón, León, en conjunto con el Centro Alexander von Humboldt, han concluido exitosamente un estudio de generación de capacidades y organización comunitaria sobre cosecha de agua de lluvia a través de cisternas con capacidad de almacenar 16,000 litros logrando capacitar a 11 líderes y 10 trabajadores de la construcción.⁵

En la zona de Matagalpa, se están ejecutando obras tales como: Administración y manejo de aguas, técnicas de irrigación, mejor uso de aguas, mas producción, mejor calidad en café y Uso del Micro Riego En plantaciones productivas de café con la elaboración de micro reservas de agua para riego bajo el aprovechamiento del agua pluvial con obras de captación sencillas para micro empresa y cooperativas de productores. Dichos proyectos los lleva a cabo la Exportadora Atlantic, con oficinas regionales en la zona siendo los responsables del mismo, la Lic. Ileana Caldera e Ingeniero Reynaldo Sosa en conjunto con el CINIAT.

El proyecto llamado “plan integral y apoyo socioeconómico a pequeños productores rurales en el departamento de Masaya”, es ejecutado por el instituto

⁴ Palomino Velázquez

⁵ <http://www.acicafoc.org/wp-content/uploads/cosecha-de-agua-de-lluvia.pdf>

de desarrollo rural a través del programa para el desarrollo económico de la zona seca de Nicaragua PRODESEC con financiamiento del FIDA.⁶

1.3. JUSTIFICACIÓN

En Nicaragua uno de los principales problemas es la falta de tecnología y su aplicación en el proceso de fertirriego, en cuanto al aprovechamiento del agua (cosecha de agua), y a la escasa asesoría en los temas antes mencionados, debido a esto, el país debe de implementar proyectos que lleven a incrementar la productividad agrícola con nuevas tecnologías tales como la cosecha de agua.

Una de las soluciones más viables con respecto a la necesidad de agua para fines agrícolas, es el de implementar un sistema de fertirriego en conjunto con un sistema de recolección de agua pluvial, considerando la evaluación de las necesidades del cultivo y las épocas de mayor porcentaje de precipitación en la zona.

En la finca donde se procederá a efectuar este proyecto, no cuenta con un sistema de riego ni con el recurso agua a disposición, el manto freático no se encuentra a disposición inmediata y la importancia de este nos lleva a frenar la sobre explotación de este recurso fundamental. Debido a esto se pretende cosechar agua pluvial para poder resolver la problemática de una forma viable y económica, considerando la implementación de un sistema de riego por goteo en conjunto con fertilizantes y la construcción de todos los elementos necesarios para este fin.

En esta investigación se evalúa todos los aspectos para la elaboración de un diseño de fertirrigación con una obra de captación, con el fin de que los productores y administradores de futuros proyectos similares, les sirva de base para la elaboración de sus proyectos.

⁶ <http://www.veengle.com/s/micro-riego.html>

1.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar el Sistema de fertiriego por goteo con Obras de Captación utilizando Cosecha de Agua en cítricos injertos Naranja Valencia (*Citrus Cinenses*), Limón Tahití (*Citrus Latifolia*), Mandarina (*Citrus Reticulata*), en la finca El Paraíso, municipio San Juan de la Concepción, departamento de Masaya”

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Determinar las propiedades hidrofísicas y químicas del suelo del área en estudio.
2. Determinar las propiedades químicas y la calidad de agua para riego agrícola en la zona de estudio.
3. Determinar parámetros para el diseño como topografía del terreno, característica de los cultivos, datos climáticos de la zona.
4. Analizar las estructuras foliares para obtener los requerimientos de los elementos químicos necesario para la determinación de la dosis de fertirrigación.
5. Realizar el diseño agronómico, hidráulico y geométrico del sistema de fertiriego por goteo.
6. Diseñar la obra de captación que cumpla con los parámetros técnicos de acuerdo al diseño del sistema de fertirrigación.

1.5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.5.1. Macrolocalización

Este proyecto se realizó en la comunidad de Los Ruices, municipio de San Juan de la Concepción, departamento de Masaya, ubicada a una distancia de 32 km de Managua, Nicaragua. Cuenta con una extensión territorial de 73 km²; se ubica entre los 11°56´ latitud norte y 86°11´ longitud oeste. ([Ver Anexo N° 1.1](#))

Limita con:

- Al Norte - Municipios de Nindirí y Ticuantepe.
- Al Sur - Municipio de San Marcos (Carazo)
- Al Este - Municipio de Masatepe.
- Al Oeste - Municipio de Managua.

1.5.2. Microlocalización

La finca el paraíso se encuentra en la comunidad de los Ruíces, ubicada a 9 kilómetros del centro del municipio, en las periferias del municipio de San Juan de la Concepción. ([Ver Anexo N° 1.2](#))

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. SUELOS AGRÍCOLAS⁷

Es aquel que se utiliza en el ámbito de la productividad para hacer referencia a un determinado tipo de suelo que es apto para todo tipo de cultivos y plantaciones, es decir, para la actividad agrícola o agricultura. El suelo agrícola debe ser en primer lugar un suelo fértil que permita el crecimiento y desarrollo de diferentes tipos de cultivo que sean luego cosechados y utilizados por el hombre, por lo cual también debe ser apto por sus componentes para el ser humano.

Cuando hablamos de suelo agrícola estamos hablando de un tipo especial de suelo que debe contar con ciertos elementos que lo conviertan en suelo apto para el crecimiento de cultivos. Además de ser un suelo fértil, con una importante composición de humus (o la sección orgánica del suelo), el suelo agrícola debe contar con nutrientes principales tales como los nitratos, amonio, fósforo, potasio, sulfato, magnesio, calcio, sodio, cloruro y otros como el hierro, el cobre, el manganeso aunque estos últimos en menor proporción. Otros elementos que también deben ser controlados para considerar a un suelo como un suelo apto para la agricultura son por ejemplo el pH del suelo, su textura y su conductividad energética. Estos tres, en los parámetros normales contribuirán a que aquellos cultivos crezcan más efectivamente y sean de mejor calidad, pudiendo ser consumidos por el ser humano sin ningún tipo de problema y convirtiéndose en productos de alta duración y resistencia a las posibles inclemencias del tiempo o de otros factores externos.

2.1.1. Análisis de suelo

El análisis de suelo es la principal herramienta en el manejo de la fertilidad de los suelos, ya sea para determinar deficiencias y necesidades de fertilización, así como también para monitorear la evolución de la disponibilidad de nutrientes en sistemas fertilizados. Debemos tener en cuenta que la fertilidad del suelo no es constante en el espacio y en el tiempo y que además existen otros factores como

⁷ Worthen y Aldrich, 1967

la profundidad y el momento de muestreo que tienen un gran efecto sobre el resultado final. Es por eso que el muestreo es la etapa crítica del análisis de suelo. Un análisis de suelos completo, incluyendo todos los nutrientes esenciales para los cultivos, es el punto de partida para la formulación del plan de fertilización.⁸

2.1.2. Muestreo de suelos⁹

Una muestra del suelo es usualmente empleada para cuantificar y determinar sus características. La muestra consiste en una mezcla de porciones de suelo (sub muestras) tomadas al azar de un terreno de forma homogénea. Es importante que la muestra de suelos sea representativa del terreno que se desea evaluar.

Los análisis de suelos en el laboratorio se hacen siguiendo metodologías bastante detalladas y con técnicas analíticas que persiguen estadios favorables de precisión. Cuando se planea un plan de fertilización de cultivos, el mismo incluye dos etapas: el diagnóstico de las necesidades de fertilización (que nutrientes y cuanto aplicar), y el manejo de la fertilización (que fuentes utilizar, cuando y como aplicar).

El diagnóstico de la fertilización se basa en el conocimiento de la demanda nutricional del cultivo, que depende del rendimiento esperado, y de la oferta nutricional del sistema evaluada a partir del análisis del suelo, las condiciones de suelo y clima y el manejo del suelo y del cultivo.

2.1.3. Sistemas de determinación para suelos¹⁰

- **Muestreo al azar:** requiere contar con un plano de la finca, situarlo en un sistema de coordenadas e ir tomando de modo aleatorio parejas de coordenadas (x, y), que nos determinaran los puntos de toma de muestras.

⁸ [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/)

⁹ <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf>

¹⁰ Garcia, Aragón y Gómez, 2004

- **Muestreo sistemático:** Basado en que dos puntos de una misma finca, cuanto más próximos se encuentren entre ellos más parecidos serán. Tomamos el plano de la finca y superponemos una malla de manera que los puntos de intersección sean los puntos de muestreo
- **Método de las zonas o parcelas homogéneas:** Es el de mayor captación. Es imprescindible que además de tener el plano recorramos toda la finca a fin de distinguir a simple vista las diferentes zonas homogéneas.

2.1.4. Tipos de muestras¹¹

- **Muestras simples alteradas:** son aquellas en las que el suelo no mantiene ni la forma ni el volumen que tenía antes de la toma.
- **Muestras inalteradas:** mantienen la forma y el volumen que tenían en el suelo.
- **Muestras completas:** se utiliza cuando se cree que la zona es debido a su tamaño muy homogénea, y en lugar de realizar varios análisis se recogen varias muestras, se mezclan perfectamente y se realiza un único análisis con una parte de esa mezcla.

2.2. ANÁLISIS FOLIAR

El análisis foliar constituye una metodología sumamente eficiente para evaluar la nutrición del cultivo ya que integra todos los factores de suelo, ambiente y manejo, especialmente para los nutrientes menores. Debe ser considerada tanto para la corrección inmediata de deficiencias como también para evaluar los resultados del manejo de la nutrición.¹²

¹¹ Icardo y Garcia, 2007

¹² [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/)

2.3. PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO¹³

2.3.1. La textura

Es la proporción de los tamaños de los grupos de partículas que lo constituyen y está relacionada con el tamaño de las partículas de los minerales que lo forman y se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo. Esta propiedad ayuda a determinar la facilidad de abastecimiento de los nutrientes, agua y aire que son fundamentales para la vida de las plantas.

2.3.2. La estructura

Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

2.3.3. Color

El color del suelo depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad. El color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado; el blanco y el gris indican presencia de cuarzo, yeso y caolín; y el negro y marrón indican materia orgánica. Cuanto más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica.

¹³ Rucks, García, Kaplán, Ponce de León y M. Hill, 2004

2.3.4. Grado de humedad

Porcentaje de peso del agua contenida en una muestra, antes de desecarla, respecto al peso de la muestra desecada a 105°C. Se obtiene pesando la muestra antes y después de la desecación y hallando el porcentaje que representa la diferencia entre ambas pesadas respecto al peso de la muestra seca.

2.3.5. Humedad equivalente

Grado de humedad determinado en laboratorio, de una muestra que se ha sometido a una fuerza centrífuga 1000 veces superior a la de la gravedad (presión de 10 atmósferas aproximadamente) durante un tiempo de unos 40 minutos. La humedad equivalente es un valor muy próximo al de la capacidad de campo, y sustituye su determinación.

2.3.6. Grado de saturación

Porcentaje del volumen de agua, respecto al volumen de huecos en una porción de suelo en condiciones naturales.

2.3.7. Capacidad de retención específica

Porcentaje de volumen de agua que queda en el terreno, después de que se ha desalojado el agua gravitacional, respecto al volumen total de una porción del suelo. Es un concepto análogo al de capacidad de campo, pero expresa la proporción en volúmenes y no en pesos. Así, la capacidad de campo multiplicada por la densidad aparente será igual a la capacidad de retención específica.

2.3.8. Densidad aparente

La densidad aparente de un material o un cuerpo es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contenga, aparentes o no.

Cuadro N° 1: Densidad aparente

Evaluación	gr/cm3
Muy Bajo	<1.00
Bajo	1.00 – 1.20
Mediana	1.20 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy Alta	> 1.60

Fuente: Fuentes Jague José Luis, 2003

2.3.9. Densidad real

Es la relación que hay entre el peso del suelo y el volumen que este ocupa. Expresado en gr/cc, aquí no se cuenta con el valor de los espacios porosos ocupados por el agua y el aire.

Cuadro N° 2: Densidad real

Evaluación	gr/cm3
Bajo	<2.40
Medio	2.40 – 2.60
Alto	2.60 – 2.80
Muy Alto	>2.80

Fuente: Fuentes Jague José Luis, 2003

2.3.10. Capacidad de campo

Grado de humedad de una muestra que ha perdido su agua gravitacional. Este concepto es de gran importancia en agricultura pues, en la zona de acción de las plantas representa el agua que, transcurrido un tiempo (unos 3 días) después de un riego o de una lluvia, queda en el terreno, parte de la cual podrá ser aprovechada por la vegetación para sus funciones biológicas.

Cuadro N° 3: Capacidad de campo

Evaluación	% de volumen
Baja	< 20
Media	20 – 40
Alta	40 – 55
Muy Alta	> 55

Fuente: Fuentes Jague José Luis, 2003

2.3.11. Punto de marchitez permanente

Grado de humedad de un suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que la fuerza de succión de las raíces es menor que la de retención del agua por el terreno y en consecuencia, las plantas no pueden extraerla. Al igual que la capacidad de campo, es un concepto puramente agronómico, que juega un importante papel en fenómenos como la evapotranspiración. Se determina en laboratorio siguiendo un método similar al empleado para determinar la humedad equivalente, sometiendo la muestra a presión centrífuga del origen de 15 atmósferas y hallando después su grado de humedad. Su valor real depende del tipo de vegetación que exista sobre el suelo, y solo a partir de experiencias de marchitamiento de plantas podrá obtenerse en cada caso.

Cuadro N° 4: Punto de marchitez permanente

Evaluación	% HBSS
Baja	< 9.2
Media	9.2 - 24.5
Alta	24.5 - 45.8
Muy Alta	< 45.8

Fuente: Fuentes Jague José Luis, 2003

2.3.12. Porosidad

Como consecuencia de la textura y estructura del suelo tenemos su porosidad, es decir su sistema de espacios vacíos o poros. Los poros en el suelo se distinguen en: macroporos y microporos. Los primeros son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente,

impulsada por la fuerza de la gravedad. Los segundos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares. Los terrenos arenosos son ricos en macroporos, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en microporos, y pueden manifestar una escasa aeración, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua.

Cuadro N° 5: Porosidad

Evaluación	%
Muy Alta	> 65
Alta	55 - 65
Mediana	45 – 55
Baja	40 – 45
Muy Baja	< 40

Fuente: Fuentes Jague José Luis, 2003

2.3.13. Infiltración básica

Es la capacidad que tiene el suelo para absorber agua y se presenta una vez que la velocidad de infiltración se estabiliza en el mismo; para ello es necesario estimar esta capacidad de infiltración de acuerdo a la ecuación universal del académico Kostiacov:

$$Ib = ab^t \quad (\text{Ec. 1})$$

2.3.14. Norma neta

La norma neta que debe aplicarse al suelo en el riego se determina en base a la profundidad del suelo y a los requerimientos climáticos del cultivo, analizándose en donde se encuentra la mayor densidad radicular.

2.3.15. Agua utilizada por las plantas

Las plantas, salvo excepciones como las freatofitas, precisan para vivir, que en su zona radicular exista oxígeno libre, por lo que esta zona no debe estar

permanentemente saturada en agua. Por esta razón, el agua gravitacional puede considerarse como perjudicial. Cuando esta agua abandona la zona radicular, penetrando a otras más profundas, la planta toma del terreno el agua capilar suspendida o aislada. El máximo contenido disponible lo señala la capacidad de campo. Existe además un límite inferior en contenido de agua, a partir del cual las raíces no tienen fuerza de succión suficiente para extraerla y es el punto de marchitez permanente anteriormente definido.

Puede considerarse únicamente como agua utilizable por las plantas, la diferencia entre los grados de humedad correspondientes a la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

2.4. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO¹⁴

El riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento.

El riego por goteo, es implementado en zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos.

El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros).

2.4.1. Características del sistema de riego por goteo

- Utilización de pequeños caudales a baja presión.
- Localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión (emisores o goteros).
- Al reducir el volumen de suelo mojado, y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a caudales pequeños.

¹⁴ CEDEX. Diseños de sistema de regadíos, 2009

2.4.2. Ventajas del sistema de riego por goteo

- Una importante reducción de la evaporación del suelo, lo que trae una reducción significativa de las necesidades de agua. No se puede hablar de una reducción en lo que se refiere a la transpiración del cultivo, ya que la cantidad de agua transpirada (eficiencia de transpiración) es una característica fisiológica de la especie.
- La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- Se pueden utilizar aguas más salinas que en riego convencional, debido al mantenimiento de una humedad relativamente alta en la zona radical (bulbo húmedo).
- Una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuertes pendientes.
- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas
- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo. (fertirriego)
- Permite el uso de aguas residuales ya que evita que se dispersen gotas con posibles patógenos en el aire.

2.4.3. Desventajas del sistema de riego por goteo

- El costo elevado de la instalación. Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado (electro-válvulas). Sin embargo, el aumento relativo de costo con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.
- El alto riesgo de obturación (“clogging” en inglés) de los emisores, y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el principal problema en riego por goteo. Por ello en este sistema de

riego es muy importante el sistema de filtración implantado, que dependerá de las características del agua utilizada.

De hecho hay sistemas que funcionan con aguas residuales y aguas grises.

- La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación preferencial en estas zonas de las sales. Esto puede constituir un inconveniente importante para la plantación siguiente, si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo.
- Un inconveniente muy importante de este sistema tan particular, es el tapado de los orificios, por lo tanto no regarán como nosotros esperamos

2.4.4. Componentes del sistema de riego por goteo

- Sistema de filtrado
- Mangueras
- Goteros
- Cabezal de riego
- Válvulas
- Red de distribución
- Conectores

2.4.5. Características del gotero

Los goteros o emisores son el elemento más importante por lo tanto se debe tomar en cuenta:

- Deberán proporcionar un bajo caudal a una baja presión de tal forma que los diámetros de la tuberías lateral y tubería secundaria sean los más reducido posible.
- Los caudales estandarizados son: 2 l/h, 4 L/h y 8 l/h. para iniciar un proyecto tomaremos los caudales estándar y si tenemos decidido la marca tomaremos el caudal del fabricante.
- La mayoría de los goteros trabajan a una presión máxima 1 atm (10m.c.a).

Cuadro N° 6: Relación Caudal – Cultivos

Caudal(l/h)	Cultivos
<2	Invernaderos , Hidropónicos
2-4	Hortícolas y frutales en marcos Intensivos
8	Frutales en general

Fuente: CEDEX. Diseños de sistema de regadíos, 2008

Según el comportamiento de la presión los goteros se clasifican en:

- Laminares: Cuyo consumo de agua aumenta con la presión
- Autocompensantes: Cuyo consumo de agua permanece igual aunque la presión aumente.
- Inestable, turbulentos o vortex: se sitúan entre las dos anteriores.

2.5. FERTILIZANTE¹⁵

Un fertilizante es una sustancia destinada a abastecer y suministrar los elementos químicos al suelo para que la planta los absorba. Se trata, por tanto, de una reposición o aporte artificial de nutrientes.

Un fertilizante mineral es un producto de origen inorgánico, que contiene, por lo menos, un elemento químico que la planta necesita para su ciclo de vida. La característica más importante de cualquier fertilizante es que debe tener una solubilidad máxima en agua, para que, de este modo pueda disolverse en el agua de riego, ya que los nutrientes entran en forma pasiva y activa en la planta, a través del flujo del agua.

Estos elementos químicos o nutrientes pueden clasificarse en: Macro Elementos y Micro Elementos.

- Los Macro elementos son aquéllos que se expresan como:
% en la planta o g/100g

¹⁵ Dominguez A., 1996

Los principales son: **N – P – K – Ca – Mg - S^{2 3}**

- Los Micro elementos se expresan como:

Ppm (parte por millón) = mg/kg = mg /1000g

Los principales son: **Fe – Zn – Cu – Mn – Mo- B – Cl.⁴**

2.5.1. Formas para hacer abonos o fertilizantes minerales

La forma más fácil es a través de minas (ejemplo, nitrato potásico, cloruro potásico). La otra forma es a través de procesos de síntesis química en plantas químicas.

Hasta 1850 aproximadamente, el abono usado era abono orgánico, es decir, una mezcla de estiércol, guano compostaje con agua. Este fue el primer abono líquido empleado. Hasta mediados del siglo XX también se usaba pescado como fertilizante.

El primer abono mineral “de síntesis química” fue el sulfato amónico **(NH₄)₂SO₄**
NH₄OH + H₂SO₄ → (NH₄)₂SO₄ + H₂O.

2.5.2. Clasificación de los fertilizantes

Dentro de los abonos minerales sólidos encontramos los abonos simples (un solo nutriente), compuestos (más de un nutriente) y blending (mezcla de los anteriores)
Dentro de los abonos minerales líquidos encontramos los abonos simples y los compuestos.

Ejemplos:

- KNO₃
- (NH₂)₂CO
- (NH₄)₂H₂PO₄

La mayoría de los abonos compuestos que se encuentran en el mercado son en realidad Blending. La diferencia entre Blending y abono compuesto es que el primero se puede separar físicamente. (ej, mientras que la urea es blanca el DAP son cristales que pueden verse con lupa, por tanto DAP es en realidad un

Blending). Generalmente los abonos líquidos son abonos compuestos porque no pueden separarse fácilmente

2.5.3. Aplicación de fertilizante por medio de riego por goteo¹⁶

El riego por goteo permite la flexibilidad en la aplicación de fertilizantes, ya que los fertilizantes pueden ser aplicados fácilmente a través del agua de riego. Dado que los nutrientes se suministran con el agua de riego, son suministrados directamente a la zona radicular activa de las plantas.

Características del goteo:

- Baja presión
- Alta frecuencia de irrigación
- Cultivos en hilera
- Alta eficiencia en el uso del agua y nutrientes

Fertilizantes en riego por goteo:

Fertilizantes deben ser:

- Solubles en agua (sin impurezas o recubrimientos).
- No reaccionar con el agua de riego.
- No obturar (precipitación de sales) ni corroer el sistema.
- Introducción al sistema:
- Por dilución, Venturi, o Inyección a presión

Fertilizantes usados:

- **HNO₃** (Ácido nítrico); **NO₃K** (Nitrato de potasio); **SO₄** (Sufato); **(NH₄)₂** (Amonio); **H₂SO₄** (Ácido sulfúrico); **H₃PO₄** (Ácido fosfórico); **NO₃NH₄** (Nitrato de amonio); **(NO₃)₂Mg** (Nítrico de magnesio).

Quelatos y sales solubles de micronutrientes, etc.

- Sulfatos: cuidado por precipitaciones con agua de riego.

¹⁶ Fuentes Jague José Luis, 2003

- Urea (si nitrifica).

2.6. MANEJO DE LA HUMEDAD EN LA ZONA RADICULAR¹⁷

2.6.1. Masa radicular

Es la zona donde se alojan las raíces de una planta en el suelo. Las funciones principales de la masa radicular son: absorber agua y sales minerales, proporcionar anclaje y almacenar materiales de reserva. Las plantas para poder desarrollarse necesitan de agua y oxígeno, y además de la existencia de espacios porosos adecuados entre las partículas del suelo para que se pueda ir expandiendo el sistema radicular. A su vez, en la zona de mayor concentración radicular se debe asegurar la humedad necesaria requerida por las plantas para su óptimo desarrollo, ya que en esta zona se da la mayor absorción de agua y nutrientes.

2.6.2. Distribución de la zona radicular

Numerosas experiencias han puesto de manifiesto que las plantas pueden desarrollarse normalmente con un volumen de suelo inferior al que normalmente ocupan. Ello se debe a que el sistema radical se desarrolla rápidamente en la zona húmeda disponible, por lo que no es raro que en la zona húmeda del riego localizado la concentración de raíces sea 3-4 veces mayor que en otros riegos no localizados.

En términos generales se puede asegurar que los cultivos se pueden desarrollar en condiciones óptimas cuando la zona húmeda ocupa el 30-40% del área sombreada por el cultivo. Existe mejor eficiencia del riego cuando el volumen mojado cubre el mayor porcentaje de raíces.

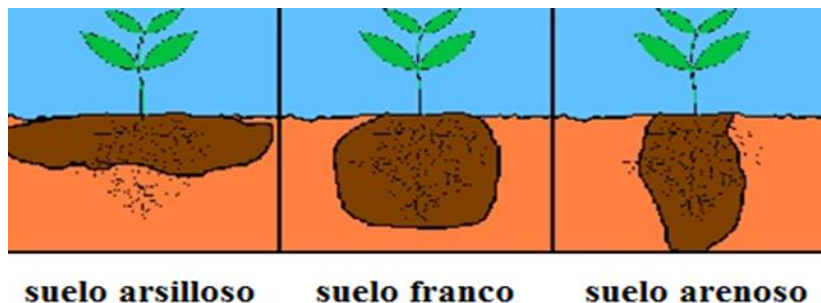
¹⁷ Pizarro F. 1990

2.6.3. Bulbo húmedo

Es la parte del suelo humedecida por un emisor de riego localizado. Los emisores de riego localizado aplican el agua sobre el suelo donde se forma un pequeño charco. A medida que avanza el riego, el bulbo húmedo se hace cada vez más grande, pero a su vez el suelo se humedece más, la velocidad de infiltración disminuye y con ello el bulbo húmedo aumenta su tamaño más despacio.

La forma del bulbo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que el charco es mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que en profundidad. Si se aplica la misma cantidad de agua en tres suelos con texturas diferentes, la forma del bulbo varía aproximadamente de la siguiente manera:

Imagen N° 1: Bulbo húmedo de acuerdo al tipo de suelo



Fuente: Pizarro F, Riego de Alta Frecuencia, 1990.

Para que el bulbo moje una determinada superficie de suelo y el agua pueda ser absorbida por las raíces de las plantas adecuadamente, es importante tener en cuenta como se extiende el bulbo horizontalmente. La extensión horizontal del bulbo no se puede aumentar indefinidamente incrementando el caudal del emisor y/o el tiempo de riego, y para conseguir una extensión de agua adecuada hay que actuar sobre el número de emisores que se colocan en las cercanías de las plantas. Por otra parte, la profundidad del bulbo estará relacionada con la velocidad de infiltración del suelo y con el tiempo de aplicación. Por ello es preciso tener en cuenta los factores que afectan a la forma del bulbo húmedo para decidir

el número de emisores a colocar y el caudal que deben suministrar para que se produzca una buena distribución del agua en el suelo.

2.6.4. Relación de humedad entre la zona radicular y el bulbo húmedo

La forma del bulbo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que el charco es mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que en profundidad. Si se aplica la misma cantidad de agua en tres suelos con texturas diferentes, la forma del bulbo variará aproximadamente de la siguiente manera:

Para que el bulbo moje una determinada superficie de suelo y el agua pueda ser absorbida por las raíces de las plantas adecuadamente, es importante tener en cuenta como se extiende el bulbo horizontalmente.

2.6.5. Régimen de humedad¹⁸

Existe un nivel de agua en el suelo, llamado *nivel mínimo*, por encima del cual la planta se desarrolla satisfactoriamente. Cuando el agua del suelo desciende por debajo del nivel mínimo, la planta tiene que hacer un esfuerzo mayor para absorber el agua, lo cual se traduce en una menor absorción y, en consecuencia, una menor transpiración y una disminución del rendimiento.

El nivel mínimo depende, sobre todo, del tipo de cultivo y de su estado de desarrollo. A su vez, el nivel mínimo se caracteriza por una cantidad de agua existente en un suelo determinado, pero de ninguna manera depende del método de riego utilizado. La respuesta de los cultivos al riego no depende, por tanto, del método de riego, sino del régimen de humedad del suelo que produce ese método.

¹⁸ Palomino Velázquez, 2009

2.6.6. Dosis, frecuencia, tiempo de riego y número de emisores

Una vez calculadas las necesidades de riego hay que determinar la dosis, frecuencia y duración del riego, así como el número de emisores por planta y el caudal por emisor. Finalmente se decide la disposición de los emisores.

2.6.7. Frecuencia de riego

Se define como el intervalo que transcurre entre dos riegos consecutivos. La frecuencia óptima es una función del tipo de suelo, la demanda de la atmósfera, el estado de desarrollo del cultivo.

Consideraciones económicas en relación con equipos de riego disponibles, mano de obra y disponibilidad de agua para el riego, pueden afectar el valor del intervalo de riego.

2.6.8. Superficie mojada por emisor

La superficie mojada por un emisor es la proyección horizontal del bulbo húmedo que forma ese emisor. Se determina mediante pruebas de campo o mediante fórmulas o tablas. Dada la gran heterogeneidad de suelos, las fórmulas y las tablas sólo se deberán utilizar, con mucha prudencia, en el diseño o a título orientativo, siendo mucho más fiable la medición directa en el propio campo.

El diámetro de la superficie mojada se puede calcular mediante las fórmulas siguientes, que vienen en función del tipo de suelo y del caudal del emisor.

2.6.9. Porcentaje de superficie mojada

Dado que en riego localizado se moja solamente una fracción del suelo, hay que prever un mínimo de superficie mojada para que el sistema radical se desarrolle normalmente. El porcentaje de superficie mojada (P) viene definido por:

$$P = \frac{\text{superficie mojada por planta}}{\text{superficie ocupada por planta}} * 100 \text{ (Ec. 2)}$$

La superficie mojada se debe medir a 30 cm de profundidad, aunque en caso de cultivo de raíces poco profundas la medición puede hacerse a 15 cm de profundidad. El valor del porcentaje de suelo mojado depende de:

- Tipo de cultivo
- Clima de la zona de cultivo
- Tipo de suelo

2.6.10. Caudal nominal

Es el que suministra el gotero a la presión nominal. Suele estar comprendido entre 2 y 4 litros por hora (l/h) en hortalizas, aunque puede llegar hasta valores de 16 l/h en otros cultivos.

2.6.11. Presión nominal (po)

Es la presión para la que se ha diseñado el emisor y que suele ser de 10 m.c.a. (Metros de columna de agua). En goteros auto-compensantes el Po se sustituye por el rango de presiones de funcionamiento.

2.7. DISEÑO HIDRAULICO¹⁹

2.7.1. Cálculo de la tubería lateral

Las tuberías laterales o porta emisores son las que distribuyen el agua a las plantas acopladas a ellas. Desde el punto de vista hidráulico se comportan como tuberías con salida uniformemente espaciadas. Por lo que en el cálculo de la pérdida de carga habrá que aplicar el factor de Christiansen.

Para calcular el diámetro de un ramal lateral se necesita conocer los datos siguientes:

¹⁹ CEDEX. Diseños de sistema de regadíos, 2008

- Exponente de descarga
- Presión de trabajo del emisor
- Caudal en el origen del lateral

2.7.2. Diseño de tubería secundaria

- La tubería secundaria de PVC o PE normalmente enterrada de la cual parten los ramales de goteo que riegan un sector.
- La presión máxima tubería PVC 6 atm y PE 6 a 4 atm
- Para tuberías PVC el máximo diámetro recomendable a instalar es de 125 mm y para tubería de PE de 90 mm.
- La Tubería secundaria se unirá a la principal a través de una válvula de pase (Instalación manual) o una válvula automática (instalaciones automatizada). Es recomendable que dicha unión siempre que sea posible sea a la mitad de longitud de la tubería secundaria.

Para el cálculo el diámetro de la tubería secundaria se necesita conocer los datos siguientes:

- Caudal en el origen de la secundaria que es igual al número de laterales que derivan de la terciarias por el caudal de cada uno.
- Longitud ficticia de la secundaria que es igual a la longitud real(L) más la longitud equivalente de los accesorios instalado:

2.7.3. Diseño tubería principal

- La tubería principal, es de PVC o PE de presión 6 atm, enterrada en zanja y dimensionada por el caudal que consume un sector.
- El cálculo de pérdidas de carga se realiza por el punto o sector más desfavorable, que en una zona llana es el más alejado.
- Se deberá procurar que las pérdidas de carga de la tubería principal no sobre pase 10 m.c.a.

La tubería principal son aquellas de las que derivan las secundarias. Para calcular su diámetro se conoce el caudal y se fija la velocidad.

2.8. COSECHA DEL AGUA²⁰

Término considerado en el proceso de captación del agua de lluvia, su almacenamiento de manera superficial y subterránea, basados en las experiencias obtenidas el manejo integral de los recursos naturales y que han permitido incrementar la recarga de los acuíferos.

Esta tecnología consiste principalmente en la captura de agua lluvia, aprovechando los techos de viviendas o de cualquier construcción. Para la recolección del agua, utilizándose canales que pueden ser de madera, zinc, PVC, BAMBU, los que deberán ubicarse con un desnivel del 2% en dirección hacia el tanque de almacenamiento. Los canales recolectores desembocan en un filtro a través de tubos PVC de 2 pulgadas.

El filtro se utiliza con el objetivo de evitar el paso de basura hacia el tanque o pila de almacenamiento y se construye similar al filtro de las cisternas utilizando materiales tales como arena, cemento, hierro de $\frac{1}{4}$ de pulgada, alambre galvanizado y 50 centímetros cuadrados de esponja de 2 pulgadas.

Este filtro se encuentra conectado a la estructura de almacenamiento (cisterna, tanque, pila).

2.8.1. Conceptos generales

- **Captación**

La superficie destinada a la recolección del agua de lluvia en un SCAPT (Sistema de captación de agua pluvial en techo). Está conformado por el techo de la

²⁰ Grass Eugenio, 2012

edificación, el cual debe tener una superficie y pendiente adecuada para el escurrimiento de agua hacia el sistema de recolección.

- **Conducción**

Conduce el agua captada por el techo directamente hasta las piletas de almacenamiento. Está formado por un conjunto de canales adosados en los bordes más bajos del área de captación, con el objeto de recolectar el agua de lluvia y de conducirla hacia el interceptor.

- **Interceptor**

Conocido también como dispositivo de descarga, su función es la de captar las primeras aguas de lluvias correspondientes al lavado del área de captación y que puede contener impurezas de diversos orígenes. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese a las piletas y de éste modo minimizar la contaminación del agua almacenada.

- **Almacenamiento**

Es una obra destinada a la acumulación, conservación del volumen de agua necesaria para el abastecimiento diario de los cultivos.

- **Distribución**

En un SCAPT, la red de tubería de agua, actúa como el componente de distribución de agua del sistema, ya que el agua almacenada es transportada y distribuida por la red desde las pilas de almacenamiento hasta el cultivo.

2.9. PARÁMETROS DE DISEÑO DE OBRA DE CAPTACIÓN²¹

La importancia de captar, almacenar y utilizar el agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano, riego es de gran relevancia para la mayoría de las poblaciones, sobre todo aquellas que no tienen acceso a este vital líquido.

Es importante identificar los principales componentes de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), su funcionamiento, los criterios de diseño más sobresalientes, las características de los materiales de construcción, la forma de construir estos sistemas, su operación y mantenimiento, de tal forma que se puedan ejecutar los proyectos.

Para ello debe considerarse lo siguiente:

- Localización del sitio para establecer el SCALL
- Cálculo de la precipitación pluvial neta
- Área de captación del agua de lluvia
- Diseño del sistema de conducción del agua captada
- Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada

Una vez que se comience a escarbar al largo, profundidad y ancho, esta serán las medidas de la pila de captación estimadas según los requerimientos del cultivo.

Se procederá a calcular el volumen por el alto, largo y ancho de acuerdo al requerimiento total de agua. Se debe conocer la media anual de caída de agua para el cálculo de la cantidad de agua a cosechar por lo general se toma un factor del coeficiente de escurrimiento (0.9), al igual que la longitud de techo, su fórmula es: Media Anual de agua caída en mm x área de techo en m² x factor = Agua Lluvia cosechada en lts, ejemplo: 450 mm x 120 m² x 0.9 = 48.600 lts.

²¹ Manual de especificaciones técnicas para estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL), 2009

Al terminar la excavación, se nivela el suelo del fondo del foso. Una vez que se tengan las medidas requeridas, los pasos para la nivelación son los siguientes:

- Es necesario excavar ligeramente para nivelar el terreno.
- Enterrar una estaca en una esquina y tomarla como referencia, amarrarle un cordel o hilo y se lleva hacia otra estaca, de tal manera que los hilos queden perpendiculares.

2.10. ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE LOS CULTIVOS EN ESTUDIO

2.10.1. Mandarina²²

2.10.1.1. Taxonomía y morfología

Familia: *Rutaceae*.

Subfamilia: *Aurantioidea*.

Género: *Citrus*.

Especie: Existen numerosas especies: *citrus reticulata*, *c. unshiu*, *c. reshni* (clementinas, satsumas y comunes), porte: menor que el naranjo y algo redondeado.

Raíz: sólida, blanca y, bajo condiciones de cultivo, posee gran cantidad de pelos radiculares.

Hojas: unifoliadas y de nerviación reticulada, con alas rudimentarias pequeñas.

Flores: solitarias o en grupos de 3 ó 4.

Fruto: llamado hesperidio. Existen variedades muy semilladas y otras partenocárpicas.

2.10.1.2. Requerimientos edafoclimáticos

Es más resistente al frío y más tolerante a la sequía que el naranjo, pero los frutos son sensibles. El factor limitante es la temperatura mínima, ya que no tolera las inferiores a 3º; pues la temperatura determina el desarrollo vegetativo, floración,

²² Soler Aznar y Soler Fayos, 2006

cuajado y calidad de los frutos. Las temperaturas altas constantes mantienen altos niveles de clorofilas y su color es persistentemente verde.

Necesitan suelos permeables y poco calizos y un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Se recomienda que el suelo sea profundo para garantizar el anclaje del árbol, una amplia exploración para garantizar una buena nutrición y un crecimiento adecuado. Los suelos deben tener una proporción equilibrada de elementos gruesos y finos (textura), para garantizar una buena aireación y facilitar el paso de agua, además de proporcionar una estructura que mantenga un buen estado de humedad y una buena capacidad de intercambio catiónico.

No toleran la salinidad y son sensibles a la asfixia radicular. En general la salinidad afecta al crecimiento de las plantas mediante tres mecanismos relacionados entre sí pero distintos:

- Alteraciones hídricas producidas por sus efectos osmóticos sobre la disponibilidad de agua
- Acumulación de iones tóxicos.
- Interferencias con la absorción de elementos nutritivos esenciales, que provocan desequilibrios en el balance de elementos minerales.

En los cítricos los efectos dañinos de las sales se combaten con:

- Estrategias de riego.
- Uso de material vegetal tolerante.
- Utilización de sales de calcio.

Cuadro N° 7: Interpretación de los análisis de suelo

Interpretación de los análisis de suelo					
Determinaciones analíticas	Niveles				
	muy bajo	bajo	normal	alto	muy alto
reacción pH	<5.5	5.5-6.5	6.6-7.5	7-6-8.5	>8.5
co3ca total (%)	<2	2-10	11-20	21-40	>40
co3ca activo (%)	<1	1-4	5-9	10-15	>15
ce (ds/m)	<0.20	0.20-0.40	0.41-0.70	0.71-1.20	>1.20
n total	<0.07	0.07-0.12	0.13-0.18	0.19-0.24	>0.24
relación c/n	<6	6-8	8.1-10	10.1-12	>12
c.c.c. (meq/100 g)	<5	5-10	11-20	21-30	>30
ca (%)	<25	25-45	46-75	76-90	>90
mg (%)	<5	5-10	11-20	21-25	>25
k (%)	<2	2-4	5-8	9-12	>12
na (%)	<1	1-2	3-9	10-15	>15
relación ca/mg (meq/100 g)	<1	1-3	4-6	7-10	>10
relación k/mg (meq/100 g)	<0.10	0.10-0.15	0.16-0.35	0.36-0.60	>0.60

Fuente: Soler Aznar y Soler Fayos, 2006

2.10.1.3. Material vegetal

Variedades

Tipos varietales:

- Satsumas: Son las más precoces, con frutos de mayor tamaño y peor calidad gustativa, sin semilla. Destaca la variedad clausellina.
- Clementinas: Más tardías, de menor tamaño, mejor calidad gustativa y semilladas. Destaca la variedad clemenules

- Otros tipos: Ornamentales, mandarino cleopatra, híbridos nova, citroyer, fortune, etc.

2.10.1.4. Riego

Se trata de especies que demandan grandes aportes de agua (9.000-12.000 m³/ha). En parcelas pequeñas se aplicaba el riego por inundación, aunque la tendencia actual es a emplear el riego localizado y riego por aspersión en grandes extensiones de zonas frías, ya que supone una protección contra las heladas.

Se recomienda dar riegos diarios en verano, y al menos dos o tres semanales en invierno. Además es necesaria la aplicación de los fertilizantes con el riego en bajas concentraciones, no incrementando de este modo la salinidad del agua del riego.

Para que el árbol adquiriera un adecuado desarrollo y nivel productivo con el riego por goteo es necesario que posea un mínimo volumen radicular o superficie mojada, que se estima en un 33% del marco de plantación en el caso de cítricos con marcos de plantación muy amplios, como la mitad de la superficie sombreada por el árbol; aunque la dinámica de crecimiento radicular de los cítricos es inferior a la de otros cultivos, resulta frecuente encontrar problemas de adaptación como descensos de la producción, disminución del tamaño de los frutos, amarilla miento del follaje y pérdida de hojas. Para evitar estos problemas hay que incrementar el porcentaje de superficie mojada por los goteros a un 40% de la superficie del marco ocupado por cada árbol, en marcos iguales o inferiores a 5 x 5.

Una alternativa es el riego por goteo enterrado, cuyos objetivos son optimizar el riego y mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada, dando lugar a una disminución potencial de la contaminación. Con este sistema de riego se produce una reducción de la evapotranspiración del cultivo como consecuencia de la disminución de la pérdida de agua por evaporación y un mayor volumen de suelo mojado.

2.10.2. Limón tahití²³

2.10.2.1. Taxonomía y morfología

Nombre Común: Lima Tahití, Limón Persa.

Nombre Científico: Citrus Latifolia tanaka.

Familia: Rutueae.

Subfamilia: Auranciaideae.

Tribu: Citreae. **Sub Tribu:** Citrinas.

Subgénero: Eucitrus.

Especie: Citrus Aurantifolia.

2.10.2.2. Botánica

Árbol: Es un árbol pequeño que crece hasta una altura de 6-7m, se prefieren mantener árboles pequeños mediante podas de formación. La copa es redonda, densa y simétrica. El árbol de lima Tahití tiene la particularidad de nunca entrar en periodo de dormancia o descanso. El rango de crecimiento es reducido en periodos de clima frío, aunque algunos árboles crecen durante todo el año.

Tronco: Es corto, con ramas encorvada hacia el suelo; las ramas más nuevas tienen una orientación vertical, pero al crecer y sostener los frutos se doblan gradualmente hacia abajo hasta ponerse horizontales. Muchas ramas caen eventualmente al suelo si no has sido podadas. Las ramas jóvenes en un mismo árbol pueden no ser espinosas o tener espinas pequeñas gruesas de 7mm de largo.

Hojas: Las hojas jóvenes de árboles sanos son de color verde pálido, y en los árboles maduros de color verde oscuro, el limbo de las hojas varia de 7.6 a 12.7cm de largo y de 4.5 a 6.4cm de ancho. El peciolo, que en muchas especies cítricas determinan su identificación es extremadamente variable en la lima Tahití, inclusive entre hojas del mismo árbol o de la misma rama.

²³ F.S. Davies, L. G. Abrigo, 1999

Flores: En nuestro país, la floración de la lima Tahití se presenta a lo largo de todo el año más o menos de manera uniforme, la condición de clima frío o clima seco pueden traer como consecuencia un retardo del crecimiento vegetativo, por lo que la floración ocurre mayormente al final de esta temporada. La flor tiene 5 pétalos (ocasionalmente solo 4) de color blanco tanto las superficies de afuera como la de adentro, la flor abierta tiene 30 a 35 mm de ancho. Los estambres son numerosos y soldados en un anillo, del cual se desarrollan las anteras de color amarillo pálido que contienen el polen viable. El pistilo es aproximadamente de 12mm de largo, con un ovario verde y estigma amarillo. La propagación vegetativa de la planta empieza con la floración, que ocurre dentro de uno o dos años luego de la plantación.

Frutos: Son de color verde oscuro durante su desarrollo, gradualmente van tornándose en verdes claros o amarillos cuando comienza la sobre maduración o envejecimiento. La fruta tiene diez a doce segmentos o lácúlos con pulpa de grano fino de color amarillento verdoso pálido.

2.10.2.3. Requerimientos edafoclimáticos

- **Clima:** Dependiendo de la especie y variedad, los cítricos se adaptan desde el nivel del mar hasta los 2,900 msnm pero en general exigen climas cálidos, subcálidos y templados.
- **Temperatura:** El rango de temperatura para el cultivo de la mayoría de los cítricos va desde los 17°C hasta los 28°C.
- **Lluvia:** La disponibilidad de lluvia es importante para la producción de los cítricos, pero no se debe tomar en consideración únicamente la cantidad total que se dispone anualmente sino también la intensidad y distribución durante el año. Los periodos más críticos de deficiencia de humedad para los cítricos corresponde a cuando están en crecimiento vegetativo, cuajamiento de frutos y desarrollo de los mismos. Los cítricos requieren entre 900 y 1200 mm de lluvia anual bien distribuidos.

- **Humedad relativa:** Una humedad relativa (80-90%) es ventajosa para el crecimiento de los cítricos, porque se disminuye la tasa de transpiración y el consumo de agua es menor comparado con las zonas de baja humedad relativa. Además una alta humedad relativa y alta temperatura determinan la buena calidad de la fruta. Sin embargo, la alta humedad relativa tiene también desventajas, por la presencia de enfermedades fungosas que causan daños a las frutas y a los árboles.
- **Luminosidad:** La luminosidad es importante para los cultivos, la luz permite realizar una buena fotosíntesis, desarrollo de un buen color y brillo en los frutos, los cítricos requieren de 1600 a 2000 horas e luz solar por año.
- **Suelos:** La formación ecológica ideal es Bosque Seco (BS), bosque húmedo tropical (bh T), estepa espinosa Montano bajo (ee – Mb). Teóricamente, todos los suelos pueden ser aptos para el cultivo de los cítricos, pero hay que evitar suelos arcillosos con problemas de drenaje, por lo que es necesario y conveniente la búsqueda de tierras semi ligeras y ricas en materia orgánica, específicamente se recomiendan suelos de textura franca, franco arenoso, estructura permeable y de fácil drenaje. El pH óptimo va de 5.5 a 6.5, valores más altos o más bajos a este rango producen problemas. Como se trata de un cultivo de inversión a largo plazo, se recomienda antes de proceder a plantarlos, realizar análisis físico y químicos de los suelos para tener un mayor margen de seguridad en el retorno de la inversión. Al sembrar en el tipo de suelo recomendado, el fruto que se obtiene es de mejor calidad, la piel es más fina, contiene mayor cantidad de jugos y azúcares.
- **Vientos:** En las zonas donde existe viento, la pérdida de agua es grande por la rápida evaporación que se produce en la superficie del suelo. Los vientos fuertes ejercen una acción mecánica, destruyen la vegetación, arrancan las hojas, flores y frutos; producen el manchado de los frutos, deteriorando su calidad. El daño es variable, según la especie o variedad.

2.10.2.4. Riego y drenaje

El método de riego más utilizado en la mayoría de huertos frutícolas es por surcos. Este de ser realizado correctamente, atendiendo individualmente a cada planta para evitar la contaminación y diseminación de enfermedades, y según los requerimientos exigidos por condiciones de clima y suelos.

2.10.3. Naranja valencia

2.10.3.1. Morfología y taxonomía

Familia: Rutáceas.

Género: Citrus.

Especie: *Citrus sinensis*

Origen: China e Indochina.

Porte: Reducido (6-10 m). Ramas poco vigorosas (casi tocan el suelo). Tronco corto.

Hojas: Limbo grande, alas pequeñas y espinas no muy acusadas.

Flores: Ligeramente aromáticas, solas o agrupadas con o sin hojas. Los brotes con hojas (campaneros) son los que mayor cuajado y mejores frutos dan.

Fruto: Hesperidio. Consta de: exocarpo (flavedo; presenta vesículas que contienen aceites esenciales), mesocarpo (albedo; pomposo y de color blanco) y endocarpo (pulpa; presenta tricomas con jugo). La variedad Navel presenta frutos supernumerarios (ombligo), que son pequeños frutos que aparecen dentro del fruto principal por una aberración genética. Tan sólo se produce un cuaje del 1 %, debido a la excisión natural de las flores, pequeños frutos y botones cerrados. Para mantener un mayor porcentaje de cuajado es conveniente refrescar la copa mediante riego por aspersión, dando lugar a una ralentización del crecimiento, de forma que la carga de frutos sea mayor y de menor tamaño. El fenómeno de la partenocarpia es bastante frecuente (no es necesaria la polinización como estímulo para el desarrollo del fruto). Existen ensayos que indican que la polinización cruzada incrementaría el cuaje, pero el consumidor no desea las

naranjas con semillas. Alguno sufren apomixis celular (se produce un embrión sin que haya fecundación).

2.10.3.2. Requerimientos edafoclimáticos

- **Latitud:** 36 °C latitud norte y sur, con condiciones climáticas tropicales.
- **Temperatura:** No debe ser baja, ya que afectaría el desarrollo del cultivo, es decir 13 °C y 30 °C, la más óptima es de 23 °C. con una temperatura menor a 8 °C. produce obstrucción de la planta y con una mayor a 36 °C. deteriora el fruto, temperaturas de 0 °C - 12 °C, determina la coloración verde del fruto debido al equilibrio de acidez y azúcares (clima templado). La temperatura intervine en el ritmo de las floraciones y el crecimiento, los árboles en invierno se mantienen latentes y crecen y florecen en el transcurso del verano.
- **Alturas:** Alturas superiores a los 500 msnm.
- **Precipitación:** 1200 - 1500 mm./año bien distribuidos durante el año, son suficientes para cubrir las necesidades del cultivo, en aquellas zonas donde prevalece la sequía el riego es indispensable para que el cultivo se desarrolle sin ningún problema. El naranjo agrio es menos exigente al riego, mientras que el naranjo dulce se desarrolla bien en altas precipitaciones, son exigentes en riego.
- **Suelos:** Las naranjas son cultivos permanentes que empiezan a retribuir lo invertido en el transcurso de los años cuando inicia la producción de frutos. Si no se selecciona un adecuado terreno y tiene un buen manejo la plantación sus efectos se verán con el pasar de los años.

Antes de sembrar cualquier cultivo se deben de realizar exámenes previos al establecimiento del huerto para ver que exigencias necesita la plantación considerando las propiedades físicas y químicas de dicho cultivo.

La naranja se desarrolla bien de textura arcillosa, pesados con buen drenaje, profundos para que las raíces se anclen bien y puedan extraer las cantidades de nutrientes y agua necesaria para su desarrollo, mientras más delgado sea el suelo

menor será el desarrollo de los arboles; con un pH de 5, 5 - 7, con abundante materia orgánica, este cultivo es susceptible al exceso de cal y cloruro de sodio

2.10.3.3. Material vegetal²⁴

Variedad

Hay cuatro grupos de naranjas dulces:

Grupo de naranjas Navel

Grupo de naranjas blancas

Grupo de naranja sangre (sanguina o sanguigna)

Grupo de naranjas sucreñas

2.10.4. Patrón de injerto²⁵

2.10.4.1. Morfología y taxonomía del swingle citrumelo cpb 4475

Familia: Rutaceae

Hábito: Arbusto

Altura: 3m

Rango: Un híbrido de origen jardín, Poncirus trifoliata x Citrus paradisi.

Es un arbusto que crece hasta una altura de 3m. Tiene un grado de dureza del 8 y es bastante resistente a las heladas. Las flores de esta planta son hermafroditas (tiene ambos órganos masculinos y femeninos).

2.10.4.2. Detalles de cultivo

Prefiere un suelo franco moderadamente pesada, con una cantidad generosa de compost y arena agregado y una posición muy soleada, origen jardín, Poncirus trifoliata x Citrus paradisi. Este es un patrón que inicia su comercialización en

²⁴ Soler Aznar y Soler Fayos, 2006

²⁵ De Vicchi, 1995

1978, en distintas experiencias ha demostrado tener radical e inducir un importante retraso en la maduración del fruto, interesante para variedades de media temporada o tardías. Son muy parecidos a los citranges, producen gran número de semillas que contienen solamente embriones nucleares

Resiste:

- Exocortis y Xylopo - Rosis
- Gran resistencia a asfixia
- Gomosis
- Es tolerante a todas las virosis conocidas
- Phytophthora
- Nematodos.

Algunos investigadores los consideran muy susceptible a la exocortis y a la psorosis y otros. Es más sensible a la calidad que el Troyer, manifestando clorosis férrica. Presenta un sobre crecimiento muy marcado en la zona del injerto produciendo la característica maceta del trifolio. Es un patrón que se comporta bien en suelos livianos y pesados.

Tiene la gran limitación de ser muy sensible a la cal activa, provocándole una fuerte clorosis férrica, no debiéndose plantar en tierras con porcentajes de caliza activa superiores al 5%. Por lo demás, rápida entrada en producción.

2.10.4.3. Detalles de los suelos para injertos

Citrumelo crecerá a la luz y en suelo (de arena), medio (franco), duro (arcilla). Es importante para el árbol que el suelo esté bien drenado. Citrumelo prefiere los suelos húmedos.

El suelo prefiere el siguiente pH / niveles de ácido:

pH de menos de 6, suelos ácidos.

pH entre 6 y 8, los suelos neutros.

pH superior a 8, los suelos básicos.

CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. CLASIFICACIÓN DEL SUELO Y CLIMA EN ZONA²⁶

3.1.1. Características generales de los suelos existentes en la zona

De acuerdo a estudios realizados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) se clasifican los suelos en la zona de estudio como: Suelos Alfisoles. Estos suelos son minerales maduros, bien desarrollados. Con un horizonte superficial de color claro (epipedón ócrico) o de color oscuro (epipedón, úmbrico) y un subsuelo de acumulación de arcilla iluvial (horizonte argílico); de muy profundos a pocos profundo (60 a > 120 cm.). En relieve de plano a muy escarpado, con una fertilidad de baja a media; desarrollados a partir de rocas ácidas, básicas, metamórficas, materiales indiferenciados y estratos sedimentarios de lutitas.

- **Localización**

Están distribuidos en bloques o unidades de suelos en todo el territorio nacional, predominan en los departamentos de Masaya, Carazo y Rivas. Por sus características son de los mejores suelos para las actividades agropecuarias.

- **Drenaje**

El drenaje interno en estos suelos varía de pobre, moderado a bien drenados, encontrándose en algunas áreas, durante épocas lluviosas, el nivel freático fluctuante varía indeterminadamente.

- **Características morfológicas**

Las características de estos suelos son: texturas de arcillosos a franco arcillosos y franco arenosos, con colores que varían de pardo grisáceo muy oscuro a pardo

²⁶ Estudio del suelo del departamento de Masaya, INETER, 2008

rojizo y pardo amarillento, volviéndose a más claro a mayor profundidad; el drenaje interno del suelo varía de pobre a bien drenados, con profundidades que varían de muy profundo a poco profundo.

- **Características químicas**

Las características de estos suelos son: el contenido de materia orgánica varía de alto a muy bajo, el pH es de muy fuertemente ácido a neutro, con un porcentaje de saturación de bases que oscila de alto a bajo y presentan una capacidad de intercambio catiónico de alto a muy bajo.

3.1.2. Clasificación del clima de la zona de estudio según KOPPEN

Las precipitaciones promedios anuales varían de 800 a 3,500 mm, con temperatura media anual que fluctúa entre los 18° y 26°C en la zona alta (Bosque muy húmedo Premontano Tropical) y aumentando a una relación de 4°C a la zona media encontrando zonas de vida entre Bosque seco Tropical. En esta zona se encuentra ubicada el área de estudio. La zona baja alcanza un promedio de 32°C, esta zona es semidesértica.²⁷

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Propiedades hidrofísicas del suelo

Para determinar las propiedades hidrofísicas del suelo se requirió obtener una toma de muestras sistematizadas con la ayuda de aparatos de muestreo (barreno, pala, palin, tubo de densidad aparente etc.). Dicha muestra se analizó en los laboratorios de suelo de la Universidad Nacional de Ingeniería (Laboratorio de Edafología) para determinar sus propiedades de acuerdo a lo requerido, como: densidad aparente, densidad real, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, infiltración básica entre otras, se emplea el siguiente procedimiento:

²⁷ Padilla y Ruíz, 2009

- **Cálculo de densidad aparente (Da)**

$$Da = \frac{W_{ss}}{V_c} = (W_{ss} + tara) - tara / (\pi D^2)(4)(l) \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

$Da = \text{Densidad aparente } (\frac{gr}{cm^3})$

$W_{ss} = \text{Peso de suelo seco } (gr)$

$V_c = \text{Volumen de Cubeta } (cm^3)$

- **Cálculo de densidad real (Dr)**

$$Dr = \frac{d_1 * d_3 * P_3}{d_3(P_1 - P_p) - d_1(P_3 - P_s - P_p)} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

$Dr = \text{Densidad real } (\frac{gr}{cm^3})$

$d_1 = \text{Densidad del } H_2O \text{ a } T_1 \text{ en } ^\circ C$

$d_3 = \text{Densidad del } H_2O \text{ a la } T_3$

$P_1 = \text{Peso del Picometro mas } H_2O \text{ } (gr)$

$P_p = \text{Peso del Picometro vacío } (gr)$

$P_3 = \text{Peso del conjunto } H_2O + \text{Suelo} + P_p \text{ } (gr)$

$P_s = \text{Peso del suelo } (gr)$

$P_2 = P_s + P_p$

- **Cálculo de Capacidad de Campo (Cc)**

$$Cc = \frac{PSH - PSS}{PSS - PT} * 100 \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

$Cc = \text{Capacidad de campo}$

$PSH = \text{Peso de suel húmedo}$

$PSS = \text{Peso de suelo seco}$

$PT = \text{Peso de tara.}$

- **Cálculo de punto de marchitez permanente (PMP)**

Se emplea el método de la olla de Richards implementando la siguiente ecuación:

$$PMP = \frac{Cc}{1.85} \text{ (Ec. 6)}$$

Donde:

PMP = Punto de Marchitez Permanente

Cc = Capacidad de campo

3.2.1.1. Análisis del suelo

a) Delimitación de las áreas

Se realiza un recorrido en la finca con ayuda de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para luego realizar un plano sencillo de las superficies más o menos homogéneas, en donde se ubica: apariencia física, los detalles más importantes de la finca como lo son partes altas o bajas, planas o inclinadas, coloración, áreas trabajadas y fertilizadas. En todo caso, se procura tomar, siempre en forma separada, muestras de áreas que se ha observado que sean de interés al estudio, o sea, donde se encuentra cultivado actualmente.

b) Época de muestreo

La muestra de suelo requerida para el análisis del suelo fue recolectada durante el período de enero a diciembre del año 2012.

c) Herramientas y materiales necesarios

Para la toma de muestra en cada sector se emplearon los implementos necesarios como barreno, pala, bolsa plástica, y balde.

d) Toma de la muestra

Se recorre los lotes al azar en forma de zig-zag y cada 15 o 30 pasos se toma una submuestra, limpiando la superficie del terreno y se deposita en el balde. Las submuestras se toman entre 20 y 30 cm de profundidad. Luego de tener todas las submuestras en el balde (de 15 a 20 por ha), se mezclan homogéneamente y se toma 1 kg aproximadamente. Esta es la muestra compuesta requerida para el análisis. De la siguiente manera se realiza la toma de muestra:

- Se elabora un hueco en forma de “V” de 20 a 30 cm de profundidad. De uno de sus lados se toma una porción de 2 o 3 cm de espesor.
- Con un cuchillo o machete se quitan los bordes, dejando una parte de 5 cm de ancho.
- Se identifica la muestra.
- Se deposita la parte separada (submuestra), en el balde.
- Se mezcla bien en el balde limpio las 15 o 20 submuestras así obtenidas.

Para identificar la muestra se etiqueta: el nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, número de muestra y lote, superficie que representa y algunas informaciones complementarias como lo son: pendiente del terreno, riesgo de encharcamiento, color del suelo, tipo de vegetación, cultivo anterior, rendimiento obtenido, disponibilidad de residuos, tipo de fertilizante usado, si encaló y forma y época de aplicación.

3.2.2. Análisis fisicoquímico del agua

La muestra de agua se adquiere la más representativa posible del total del líquido a analizar. Se introduce a un recipiente perfectamente limpio y para un examen de

potabilidad se recomienda la extracción de por lo menos 1,5 L, en este caso no fue empleado.

3.2.3. Pruebas de infiltración utilizando cilindros infiltrometros

La prueba se realiza en un espacio representativo del suelo evaluado, sin plantas, y con una humedad al momento de la prueba cercana a aquella que se ha elegido como la humedad para iniciar el riego.

El procedimiento consiste en usar dos juegos de cilindros concéntricos de dimensiones: el exterior de 20" de alto y 18" de diámetro y los internos de 20" de alto y 12" de diámetro, estos se entierran en el suelo con un martillo pesado a 4-5 cm de profundidad. Se realiza la prueba con tres juegos de cilindros ubicados formando un triángulo de 5m de lado, ello permite disponer de datos de tres pruebas elaboradas el mismo día y poder descartar algún juego de cilindros cuyos valores se alejan demasiado del resto.

El cilindro exterior de mayor diámetro funciona de buffer para humedecer la zona del suelo exterior, y las medidas se realizan en el cilindro interior más pequeño. Ambos cilindros se llenan de agua hasta el borde (nivel que debe medirse rápidamente en el cilindro interior y constituye el dato inicial) y se comienza a medir inmediatamente cada 1-2 min el nivel del agua en el cilindro interior y se toman anotaciones; cuando el nivel del agua baja aproximadamente a la mitad de su altura inicial se añade agua de nuevo y se toma la referencia del nuevo nivel.

Pasados unos minutos la velocidad de absorción de agua por el suelo disminuyó y esto facilitó realizar mediciones cada 2, 5, 10, 20 minutos, hasta que pasadas unas 6-8 horas la absorción bajó y se estabilizó de modo que para intervalos de tiempo iguales se obtuvieron descensos de la lámina en el cilindro interior muy semejantes, al alcanzarse esta condición con repetidos valores semejantes de

lámina infiltrada para un mismo tiempo se finaliza la prueba y se establece que se ha alcanzado la velocidad de infiltración estabilizada o básica.

3.2.4. Cálculo de la curva de infiltración

Se realizan los cálculos respectivos para obtener los valores de la velocidad de infiltración y la infiltración acumulada.

Para el cálculo de la infiltración el académico ruso A. N Kostiakov. Propuso una ecuación para determinar la velocidad de infiltración:

$$VI = at^b \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

VI = Velocidad de Infiltración

t = Tiempo transcurrido en min

a = Coeficiente que representa la velocidad de infiltración

b = Es un exponente sin dimensión, valores entre 0 – 1

Los valores de a y b se determinan analíticamente a través del método de regresión o mínimo cuadrado mediante las ecuaciones 8 y 9:

$$a = \Sigma \ln - \frac{(b * \Sigma \ln * t)}{N} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$b = N * \Sigma (\ln VI * \ln t) - \left[\Sigma \ln t * \left(\frac{\Sigma \ln VI}{(N * \Sigma \ln^2) - (\Sigma \ln t)^2} \right) \right] \quad \text{Ec. 9)}$$

Al determinar los valores de a y b en la siguiente ecuación se emplean para determinar la infiltración acumulada:

$$I_{acum} = \left(\frac{a}{60(b+1)} \right) * t^{(b+1)} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

I_{acum} = Infiltración acumulada en tiempo (mm)

t = Tiempo transcurrido en min

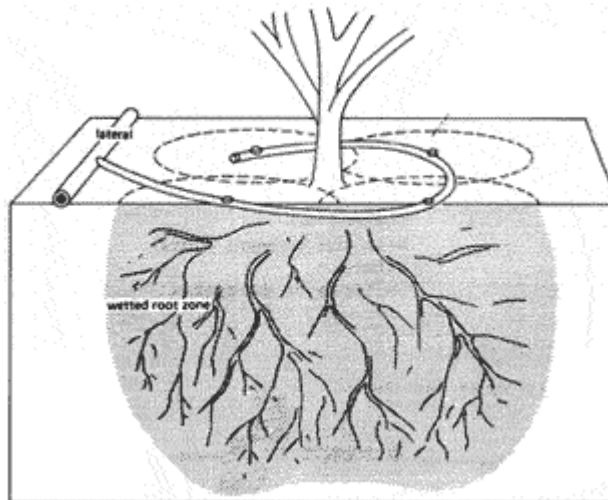
Luego se determina el valor de la infiltración básica mediante la siguiente ecuación:

$$Ib = a * (-600 * b)^b \quad (\text{Ec. 11})$$

3.2.5. Determinación del bulbo húmedo (cuadrícula)

Con ayuda de una calicata ubicada longitudinal y transversalmente en la unidad representativa de riego, se cuantificó la forma del Bulbo húmedo, expresado en una cuadrícula con puntos de coordenadas cada 10 cm (X, Y), generados por las veces que se deposite agua en el área de muestra en la finca.

Imagen N° 2: Dimensiones del Bulbo Húmedo cm.



Fuente: G. Nonhebel, A. A. H. Moss 1979

3.2.6. Cálculo de precipitación media anual según polígono de Thiessen

El cálculo se inicia ubicando en los mapas las estaciones con sus precipitaciones en el área de estudio y el área de La Concepción. Se unen estas estaciones con

trazos rectos, tratando de formar triángulos, cuyos lados sean de la mínima longitud posible; después de que los triángulos hayan sido dibujados, se trazan las mediatrices de todos los lados, con lo que se forman unos polígonos alrededor de cada estación.

Se determina el área de cada zona dentro de las limitaciones del departamento de La Concepción, y a partir de su relación con el área total, se obtiene un coeficiente de ponderación para cada estación. La precipitación media resultante de la sumatoria de los productos de las lluvias registradas en cada estación por su área correspondiente.

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * P_i}{A_t} \quad (\text{Ec. 12})$$

Donde:

A_i = Área de los sectores de afectación dentro del depto. La Concepción

P_i = Precipitación en la estación i

A_t = Área total de zona de estudio (La Concepción)

Pm = Precipitación media sobre la zona de estudio

n = Número de zonas dentro del depto. La Concepción

3.2.7. Cálculo de probabilidad de precipitación según la fórmula de Weibull

Para obtener este dato primero se emplea la fórmula que expresa la probabilidad de la precipitación por cada año registrado:

$$Pa = \frac{100 m}{(n+1)} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

Pa = Probabilidad de la precipitación de cada año registrado

m = Número de orden de modo decreciente de las precipitaciones totales anuales

n = Número total de años registrados

Para luego obtener una probabilidad por estación estudiada y posteriormente determinar el 75% de cada una de ellas, para estipular la precipitación en base a los promedios de todas las estaciones.

3.2.8. Cálculo de la evapotranspiración (ET_o)

Para el cálculo de la evapotranspiración se emplea el programa libre proporcionado por la FAO (Food and Agriculture Organization), CROPWAT 8.0 respaldando los datos con información proporcionada por INETER, (Instituto Nicaragüense Territorial) de la zona donde se realizó el proyecto. Este programa se desarrolla con bases fundamentales de Hidráulica, tomando como fórmula principal el del Método PENMAN – MONTIEN, que consiste en:

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \left(\frac{900}{T_m + 273} \right) \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{(\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot U_2))} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

R_n = Radiación neta ($Mj\ m^2\ dia^{-1}$)

G = Flujo de calor del suelo ($Mj\ m^2\ dia^{-1}$)

T_m = Temperatura media ($^{\circ}C$)

U_2 = Velocidad del viento a 2m del suelo ($\frac{m}{s}$)

$(e_s - e_a)$ = Déficit de presión de vapor (KPa)

Δ = Pendiente de la curva de presión de vapor ($\frac{KPa}{^{\circ}C}$)

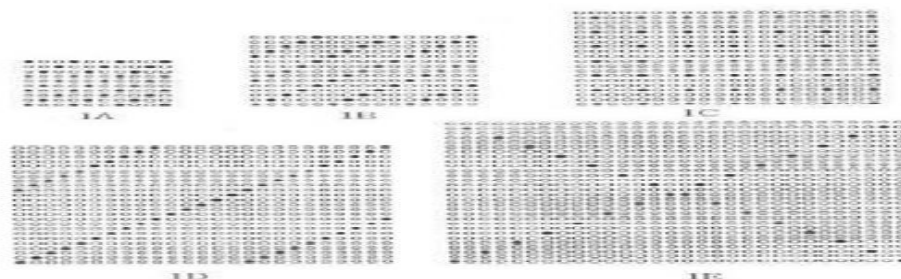
γ = Constante psicométrica (KPa/ $^{\circ}C$)

La presente versión de Windows se basa en las versiones en sistema DOS del CROPWAT 5.7 de 1992 y CROPWAT 7.0 de 1999. Además de una interfase con el usuario completamente rediseñada, CROPWAT 8.0 para Windows incluye una serie de características nuevas y actualizadas.

3.2.9. Análisis de la estructura foliar

Se determina la metodología de toma de muestras que se debe realizar, en este caso es de acuerdo a la disposición de los árboles a muestrear, considerando las condiciones de suelo homogéneas y particularidades de los árboles. Siguiendo el procedimiento a continuación mencionado.

Imagen N° 3: Disposición de los árboles a muestrear



Fuente: Informe Anual 2001, IICA

A - Disposición de los árboles a muestrear (* uno de cada tres) en una subparcela con un número de árboles inferior a 150.

IB - Disposición de los árboles a muestrear (* uno de cada cinco) en una subparcela con un número de árboles comprendido entre 50 y 250.

IC - Disposición de los árboles a muestrear (* uno de cada nueve) en una subparcela con un número de árboles comprendido entre 250 y 450.

ID - Disposición de los árboles a muestrear (* uno de cada quince) en una subparcela con un número de árboles comprendido entre 450 y 750.

IE - Disposición de los árboles a muestrear (* uno de cada treinta) en una subparcela con un número de árboles superior a 750.

Una vez establecidas y bien definidas las unidades, se procedió al muestreo, tomando la parte de la planta determinada y la cantidad correcta. Para el caso de frutales se toma 4 hojas por árbol a su alrededor a la altura del hombro, seleccionando los árboles en diagonales (en X) o en líneas. El muestreo debe provenir de por lo menos 25 árboles y contener más de 100 hojas. Si hay algún

pedazo claramente diferente del resto pero muy pequeño, no se toma hojas del mismo. Simplemente se ignora.

Una vez recolectada la muestra (en una bolsa de papel), fue trasladada al laboratorio de SAGSA-DISAGRO, idealmente aislada de la temperatura ambiente. Después de obtener los resultados de la empresa que realiza los análisis, en este caso, SAGSA-DISAGRO, se procede a interpretar los resultados con ayuda del siguiente cuadro.

Cuadro N° 8: Guía para el diagnóstico foliar en cítricos

Elemento	Rango Deficiente	Bajo	Optimo	Alto	Exceso
Nitrógeno %	2.2	2.2-2.3	2.4-2.6	2.7-2.8	2.8
Fósforo %	0.09	0.09-0.11	0.12-0.15	0.17-0.29	0.3
Azufre %	0.14	0.14-0.19	0.2-0.3	0.4-0.5	0.5
Calcio %	1.5	1.5-2.9	3.0-5.5	5.6-5.9	7
Potasio %	0.4	0.4-0.7	0.7-1.1	1.1-2.0	2.4
Magnesio %	0.15	0.15-0.25	0.26-0.6	0.7-1.1	1.2
Cobre mg/kg	3.6	3.6-4.9	5.0-15	17-22	100
Boro mg/kg	21	21-30	31-100	101-260	260
Hierro mg/kg	35	35-59	60-100	130-200	250
Manganeso mg/kg	16	16-24	25-200	300-500	1000
Zinc mg/kg	16	16-24	25-100	110-200	300

Fuente: Vitti, G. C. et al. 1996.

3.2.10. Determinación de dosis de fertilizante

Se determina las dosis de fertilizantes solubles de acuerdo a los análisis obtenidos de la toma de muestra de la siguiente manera.

Según el análisis físico-químico del suelo se aplica las siguientes fórmulas para cada uno de los cultivos presentes en el terreno:

3.2.10.1. Cálculo para el Nitrógeno (N)

- **Cálculo de la hectárea de suelo arable (W):**

$$W = \left[\text{Area (cm}^2\text{)} \times \text{Profundidad de muestreo (cm)} \times Da \left(\frac{g}{\text{cm}^3} \right) \right] \text{ (Ec. 15)}$$

Donde:

W = Peso de la hectárea de suelo arable

Área (cm²) = Área total de los cultivos

Da = Densidad aparente

- **Cálculo del nitrógeno en la materia orgánica (%Mo):**

$$\%Mo = [\text{Peso por Hectarea del suelo} \times (\%MO/100)] \text{ (Ec. 16)}$$

Donde:

%MO: Porcentaje de Materia Orgánica.

- **Cálculo de nitrógeno disponible (N):**

$$N_{disp} = \left[\text{Cantidad de N presente en la MO} \times \frac{\text{Porcentaje de N Disponible}}{100} \right] \text{ (Ec. 17)}$$

- **Cálculo de la cantidad de nitrógeno asimilable por la planta (Nasimilable):**

$$N_{asimilable} = [N_{disponible} \times \text{Porcentaje de Nasimilable} / 100] \text{ (Ec. 18)}$$

- **Cálculo del requerimiento de nitrógeno por hectárea (Dosis de N):**

$$\text{Dosis de N} = \frac{\text{Demanda-N asimilable}}{\text{eficiencia}} \times 100 \text{ (Ec. 19)}$$

Donde:

Dosis de N = Dosis requerida de nitrógeno

Demanda = Demanda de la planta requerida

Nasimible = Nitrógeno asimilable por la planta

3.2.10.2. Cálculo para el fósforo (P)

- **Cálculo de la cantidad de fósforo disponible:**

$$P_2O_5 = \left[\left(\frac{Kg \text{ de } P}{Kg \text{ de suelo}} \right) x (W) x (Fc) \right] \text{ (Ec. 20)}$$

Donde:

Kg de P = Kilogramos de fósforo, dado en ppm

Kg de suelo = Dividiendo entre 1×10^6 para transformar de mg a kg

W = Peso de hectárea por suelo arable

Fc = Constante de 2.29

- **Cálculo del requerimiento de fósforo por hectárea (Dosis de P):**

$$Dosis \text{ de } P = \frac{Demanda - P \text{ asimilable}}{eficiencia} x 100 \text{ (Ec. 21)}$$

Donde:

Dosis de P = Dosis requerida de fósforo

Demanda = Demanda de la planta requerida

P asimilable = Fósforo asimilable por la planta

3.2.10.3. Cálculo para el potasio (K)

- **Cálculo de la cantidad de potasio disponible (K_2O):**

$$K_2O = \left[\left(\frac{Kg \text{ de } K}{Kg \text{ de Suelo}} \right) x W x Fc. \right] \text{ (Ec. 22)}$$

Donde:

Kg de K = Kilogramos de potasio, dado en meq/100gr

Kg de suelo = Dividiendo entre 1×10^6 para transformar de mg a kg

W = Peso de hectárea por suelo arable

Fc = Constante de 1.2

- **Cálculo de la cantidad de potasio por hectárea (Dosis de K):**

$$Dosis\ de\ K = \frac{Demanda-K\ asimilable}{eficiencia} \times 100 \quad (Ec. 23)$$

Donde:

Dosis de K = Dosis requerida de Potasio

Demanda = Demanda de la planta requerida

K asimilible = Potasio asimilible por la planta

3.2.11. DISEÑO AGRONÓMICO E HIDRAULICO DEL SISTEMA DE RIEGO

3.2.11.1. DISEÑO AGRONÓMICO

3.2.11.1.1. Necesidades del cultivo

Para determinar las necesidades implementadas al cultivo se emplea los siguientes parámetros:

Factor de cultivo Kc: Este factor se usa en el análisis agronómico siendo propio de cada cultivo y varía con las fases desarrollo vegetativo de los cultivos.

Factor de sombreado (Ks): Este se utiliza bajo la hipótesis de que en la zona sombreada por efecto de la sombra es inferior a la calculada.

Se consideraron los siguientes datos para determinar Ks de acuerdo al marco de plantación con apoyo en los siguientes datos:

Cuadro N° 9: Factor de sombreado de acuerdo al marco de plantación

Ks	Marco de plantación (m)
0.5	7x7
0.6	6x6 o 5x5
0.7	<5

Fuente: Fuentes Jague José Luis, 2003

Factor de aumento por valores medios (Ka): La **ET_o** de la zona de cultivo se toman los valores medios del mes. Por consiguiente hay que tomar considerar que algunos días del mes será más alta por lo tanto se aplica un factor de zona cálida $K_a = 1.20$ Y $K_a = 1.15$ para zona templada.

Factor de uniformidad (Ku): Este coeficiente se implementó para identificar la aplicación uniforme del agua. En el riego por goteo se puede considerar:

Cuadro N° 10: Clasificación según el factor de uniformidad

VALOR DE KU (%)	CALIFICACIÓN
>94	Excelente
86-94	Bueno
80-86	Aceptable
70-80	Pobre
<70	Inaceptable

Fuente: Fuentes Jague José Luis, 2003

Al inicio de un diseño de riego se puede considerar $K_u = 1.1$ (90%)

3.2.11.1.2. Cálculo necesidad diaria de agua de la planta

Para determinar la norma diaria de riego se comparó los resultados del análisis de salinización del agua para decidir que fórmula se emplea:

Agua sin salinidad ($C_e \leq 1 \text{ mmhos/cm}$)

$$ND = K_C * K_S * K_a * k_{eu} * ET * M \quad (\text{Ec. 24})$$

Agua con salinidad ($C_e > 1 \text{ mmhos/cm}$)

$$ND = (K_C * K_S * K_a * k_u * ET * M) KL \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

$ND = \text{Necesidad diaria de agua de la planta } (\frac{l}{\text{día}} \text{ por árbol})$

$K_C = \text{Factor de cultivo}$

$K_S = \text{Factor de sombreamiento}$

$K_a = \text{Factor de aumento por valores medios (1.20)}$

$K_{eu} = \text{Factor global de } K_e + K_u = 1.2$

$K_u = \text{Factor de uniformidad} = 1.1$

$KL = \text{Factor de lavado}$

$ET = \text{Evapotranspiración diaria para el mes de máx. consumo } (\frac{mm}{\text{día}} \text{ o } \frac{l}{m^2})$

$M = \text{Superficie que ocupa un árbol. No superará } 36 \text{ m}^2$

3.2.11.1.3. Características hidráulica del gotero

Para determinar las características hidráulicas del gotero se implementó los siguientes procedimientos.

3.2.11.1.4. Cálculo número de gotero por planta

$$e \geq \frac{sp * pm}{smj} \quad (\text{Ec. 26})$$

Donde:

$e = \text{Número de gotero por planta}$

$Sp = \text{Superficie que ocupa una planta en } m^2$

Pm = Porcentaje de superficie mojada

Smj = Superficie que moja un gotero en m^2

Keu = Factor global de $Ke + Ku = 1.2$

Ku = Factor de uniformidad = 1.1

La Sp usualmente coincide con el marco de plantación siempre y cuando no sobre pase $36m^2$, cifra que se tomará cuando ocurra esta circunstancia. El Pm en árboles aumenta su producción si se riega 33%. La Smj depende del caudal y número gotero por planta, tipo de suelo, tipo de riego.

Para calcular la Smj en m^2 , empelamos la siguiente tabla:

Cuadro N° 11: Determinación de superficie mojada en riego por goteo según Q.

Q = 8 l/h				Q = 4 l/h		
Suelo	Media	Intervalo	Radio Bulbo	Media	Intervalo	Radio Bulbo
Arenoso	1.40	1.0 a 1.8	0.60	0.50	0.2 a 0.8	0.40
Franco	5.35	5.0 a 5.7	1.30	1.05	0.8 a 1.3	0.60
Arcilloso	9.00	8.0 a 10	1.70	2.50	2.0 a 3.0	0.90

Fuente: Diseño Sistema de riego eficiente, 2008

3.2.11.1.5. Cálculo tiempo de riego (Tr)

$$Tr = \frac{Dn}{Ng*Qg} \quad (\text{Ec. 27})$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (horas)

Dn = Necesidades diarias ($\frac{l}{\text{día}}$ por árbol)

Ng = Número de gotero por planta

Qg = Caudal de gotero por planta

3.2.11.1.6. Cálculo del número de sectores (N sectores)

$$N_{sectores} = \frac{Jornada}{T_{riego}} \quad (\text{Ec. 28})$$

Jornada de Riego: Se puede considerar una jornada adecuada 12 -18 horas.

3.2.11.1.7. Cálculo caudal de bombeo

1º Número de plantas en total en la superficie (Np):

$$NP = \frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{\text{Marco de riego plantacion m}^2} \quad (\text{Ec. 29})$$

2º Número de planta a regar simultáneamente (Nprs)

$$Nprs = \frac{\text{Numero de plantas total}}{\text{Numero de sectores}} \quad (\text{Ec. 30})$$

3º Caudal bombeo (Qb) (caudal de un sector)

$$Qb = Nprs * Ng * Qg \quad (\text{Ec. 31})$$

Donde

Nprs = Número de planta a regar simultáneamente

Ng = Número de goteros

Qg = Caudal del gotero

3.2.11.1.8. Caudal necesario para regar 1 ha de cultivo:

$$Qn = \frac{Qb \left(\frac{l}{s} \right)}{A(ha)} \quad (\text{Ec. 32})$$

3.2.11.2. DISEÑO HIDRAÚLICO**3.2.11.2.1. Cálculo de la tubería lateral**

Para el cálculo de la tubería lateral se implementa el siguiente método:

Caudal

$$Q = n * q \quad (\text{Ec. 33})$$

Dónde:

Q = Caudal en el origen, en litro/seg

n = Número de emisores en el lateral

q = Caudal medio del emisor, litro/seg

Longitud ficticia del lateral

$$Lf = L + n * le \quad (\text{Ec. 34})$$

Donde:

Lf = Longitud ficticia en m

L = Longitud real en m

n = Número de emisores del lateral

le = Longitud equivalente del emisor en m.

3.2.11.2.2. Pérdidas de carga admisible en el lateral

$$ha = \frac{0.10}{x} H * 0.55 \quad (\text{Ec. 35})$$

Donde:

dh = Pérdida de carga admisible en la subunidad

H = Presión de trabajo del emisor

x = Exponente de carga del emisor

Este valor admisible de las pérdidas de carga debe coincidir con las pérdidas de carga que se producen en el lateral.

$$h = J * F * LF \quad (\text{Ec. 36})$$

Donde:

h = Pérdidas de carga en el lateral, en m. c. a.

J = Pérdida de carga unitaria en m. c. a. (m. lineal)

F = Factor de Christiansen

Lf = Longitud ficticia en m

Igualando la dos ecuaciones

$$ha = h$$

$$\frac{0.10}{x} * H * 0.55 = J * F * Lf$$

$$J = \frac{0.55 * h}{x * F * Lf}$$

(Ec. 37)

Sustituyendo en la fórmula de Blasius

$$J = 0.00083 * D^{-4.73} * Q^{1.75} = \frac{0.55H}{x * F * Lf} \quad (\text{Ec. 38})$$

$$D = \left[\frac{0.00083 * Q^{1.75} * x * F * Lf}{0.55 * H} \right]^{1/4.75} \quad (\text{Ec. 39})$$

Donde:

D = *Diámetro del lateral en m.m.*

Q = *Caudal en litros/hora*

Lf = *Longitud ficticia en m*

H = *Presión de trabajo del emisor en m.c.a.*

Cambiando de unidades

$$D = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * x * F * Lf}{0.055H} \right)^{1/4.75} \quad (\text{Ec. 40})$$

Se elige el de mayor diámetro comercial más próximo al que resulta en el cálculo, con lo cual la pérdida de carga real en el lateral es algo menor del 55%. Esta pérdida de carga real se calcula según Blasius, mediante la fórmula:

$$h = J * F * Lf = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{D^{4.75}} \quad (\text{Ec. 41})$$

Donde:

h = *Pérdidas de carga en el lateral, en m.c.a.*

D = *Diámetro de la tubería comercial elegida en m.m.*

Q = *Caudal en litro/hora*

Lf = *Longitud ficticia en m*

3.2.11.2.3. Presión necesaria en el origen del lateral

En un lateral porta aspersores horizontales la presión en el origen es:

$$P_o = P_m + 0.73 h \pm H_g / 2 \quad (\text{Ec. 42})$$

Donde:

P_o = Presión en el origen del lateral en m.c.a.

P_m = Presión media en el lateral en m.c.a.

h = Pérdida de carga en el lateral en m

H_g = Desnivel geométrico entre los extremos del lateral

$+$ = Cuando el desnivel es ascendente

$-$ = Cuando el desnivel es descendente

3.2.11.2.4. Diseño de tubería secundaria

Para el cálculo de la tubería secundaria utilizamos el siguiente método:

$$Lf = a * L \quad (\text{Ec. 43})$$

El valor de a varía de 1.05 - 1.20

3.2.11.2.5. Pérdida de carga admisible en la secundaria

$$h'a = \frac{0.10}{x} (H - h) \quad (\text{Ec. 44})$$

Donde:

$h'a$ = Pérdida de carga admisible en la secundaria

H = Presión del trabajo del emisor

x = Exponente de carga del emisor

h = Pérdida de carga real en el lateral

Este valor admisible de la pérdida de carga ($h'a$) debe coincidir con las pérdidas de carga que se produce en la secundaria (h'). Se toma el lateral de mayor pérdida de carga.

$$\begin{aligned}h' &= J * F * Lf \\h'a &= h' = J * F * Lf \\J &= \frac{h'a}{F * Lf} \quad (\text{Ec. 45})\end{aligned}$$

Sustituyendo en la fórmula de Blasius

$$\begin{aligned}J &= 0.00083 D^{-4.75} * Q^{1.75} = \frac{h'a}{F * Lf} \\D &= \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{h'a} \right)^{1/4.75} \quad (\text{Ec. 46})\end{aligned}$$

Donde:

D = *Diámetro de la secundaria en m*
 Q = *Caudal en m³/seg*
 Lf = *Longitud ficticia en m*
 $h'a$ = *Pérdida de carga admisible en m.c.a.*

Cambiando de unidades

$$D = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{h'a} \right)^{1/4.75} \quad (\text{Ec. 47})$$

Se elige el mayor diámetro comercial más próximo al que en el cálculo. La pérdida de carga producida en la secundaria se calcula según Blasius, mediante la fórmula:

$$h' = J * F * Lf = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{D^{4.75}} \quad (\text{Ec. 48})$$

Donde:

h' = Pérdidas de carga en la secundaria, en m. c. a.

D = Diámetro de la tubería comercial elegida en m. m.

Q = Caudal en litro/hora

Lf = Longitud ficticia en m

$$P'o = Po + 0.73 * h \pm Hg/2 \quad (\text{Ec. 49})$$

Dónde:

$P'o$ = Presión en el origen de la secundaria en m. c. a.

Po = Presión en el origen del lateral en m. c. a.

h = Pérdida de carga en el lateral en m

Hg = Desnivel geométrico entre los extremos del lateral

$+$ = Cuando el desnivel es ascendente

$-$ = Cuando el desnivel es descendente

3.2.11.2.6. Diseño tubería principal

Para el cálculo del diámetro se conoce el caudal y se fija la velocidad.

$$Q = v \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{Ec. 50})$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi * v}} \quad (\text{Ec. 51})$$

Dónde:

D = Diámetro en m

Q = Caudal en m³/seg

v = Velocidad en m³/seg

Se elige el diámetro comercial más próximo.

3.2.11.2.7. Longitud ficticia

$$L_f = 1.20 * L \quad (\text{Ec. 52})$$

Pérdida de carga, según Blasius:

$$h = J * L_f = 0.496 * Q^{1.75} * L_f / D^{4.75} \quad (\text{Ec. 53})$$

Presión en el origen de la tubería principal

$$P = P'o + h \pm Hg \quad (\text{Ec. 54})$$

Donde:

P = Presión en la entrada de la tubería principal en m. c. a.

Po = Presión en el origen de la tubería secundaria

h = Pérdida de carga en m

Hg = Desnivel del terreno

Se toma la presión en el tramo más desfavorecido.

3.2.11.2.8. Potencia requerida de la bomba

$$P = \frac{QBOMBA\left(\frac{l}{seg}\right) * ATM(m)}{75 * 0.75} \quad (\text{Ec. 55})$$

Donde:

P = Potencia de la bomba en Hp

Q BOMBA = Caudal de la bomba en litros/segundos

ATM = Altura manométrica total en m

Cuadro N° 12: Cálculo de la altura manométrica total

P.de C. tubería o portagoteros		m
P.de C. tubería secundaria		m
P.de C. tubería Principal		m
P.de C. accesorios tubería(25% de la suma=P de C TP+P de C TS+P de C TP)		m
P.de C. válvula automática(5%)		m
P.de C. cabezal de goteo o est. De filtrado		m
P.de C. accesorios de aspiración e impulsión		m
Desnivel geométrico		m
Presión de trabajo del gotero		m
P. de C. en equipo de fertirrigación		m
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL		m

Fuente: Propia.

3.2.12. Cálculo cantidad de agua pluvial de la zona

El cálculo de la demanda en referencia al número de plantas, se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{Nu * Dot * Nd}{1000} \quad (\text{Ec. 56})$$

Donde:

$D = \text{Demanda de agua (m}^3\text{)}$

$Nu = \text{Número de beneficiarios (plantas)}$

$Dot = \text{Dotación } \left(\frac{\text{Litro}}{\text{planta}} \right)$
 dia

$Nd = \text{Número de días (se utiliza 1, para obtener la demanda diaria)}$

Precipitación neta

$$PN = P * n \text{ captación} \quad (\text{Ec. 57})$$

Donde:

$PN = \text{Precipitación Neta (m}^3\text{)}$

$P = \text{Precipitación (m.m.)}$

$n \text{ captación} = \text{eficiencia de captación del agua de lluvia}$

$Ce = \text{Coeficiente de escurrimiento}$

Calculo del área de captación:

Cuadro N° 13: Coeficientes de escurrimiento (Ce)

Coeficientes de escurrimiento (Ce) de los diferentes materiales en el área de captación.

Tipo de Captación	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.6 - 0.8
Pavimento	0.5 - 0.6
Geomembrana de PVC	0.85 - 0.90
Azotea	
Azulejos, Teja	0.8-0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 1 0%	0.0-0.3

Tipo de Captación	Ce
Cubiertas superficiales	
Concreto	0.6 - 0.8
Pavimento	0.5 - 0.6
Geomembrana de PVC	0.85 - 0.90
Azotea	
Azulejos, teja	0.8-0.9
Hojas de metal acanaladas	0.7-0.9

Fuente: ANAYA, G.M., J. TOVAR, S. y A. MACÍAS L. 1976.

$$D_{\text{anual}} = Aec \left(\sum_{j=1}^{12} DJ \right) \quad (\text{Ec. 58})$$

Donde:

$D = \text{Demanda anual}$

$J = \text{Número del mes (1,2,3 ... 12)}$

$Dj = \text{Demanda del mes (m}^3 \text{ : mes : Población)}$

La ecuación para calcular el área de captación es la siguiente:

$$Aec = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^n PN} \quad (\text{Ec. 59})$$

Donde:

Aec = Área efectiva de captación (m^2)

D_{anual} = Demanda anual (m^3)

PN = Precipitación neta (m)

$J \dots n$ = Meses cuya precipitación media es ≥ 40 m. m.

Volumen captado en esta superficie

$$D_{anual} = Aec (\sum_{j=1}^n PN) \quad (\text{Ec. 60})$$

Cuadro N° 14: Tabla de área de captación con relación a la precipitación

Área de captación m^2	Precipitación pluvial (mm)					
	1	10	100	1,000	2,000	3,000
	Volumen captado en litros					
1	1	10	100	1000	2000	3000
10	10	100	1,000	10,000	20,000	30,000
100	100	1,000	10,000	100,000	200,000	300,000
300	300	3,000	30,000	300,000	600,000	900,000
500	500	5,000	50,000	500,000	1,000,000	1,500,000
700	700	7,000	70,000	700,000	1,400,000	2,100,000
900	900	9,000	90,000	900,000	1,800,000	2,700,000
1,000	1,000	10,000	100,000	1,000,000	2,000,000	3,000,000
2,000	2,000	20,000	200,000	2,000,000	4,000,000	6,000,000
3,000	3,000	30,000	300,000	3,000,000	6,000,000	9,000,000
4,000	4,000	40,000	400,000	4,000,000	8,000,000	12,000,000
5,000	5,000	50,000	500,000	5,000,000	10,000,000	15,000,000
6,000	6,000	60,000	600,000	6,000,000	12,000,000	18,000,000
7,000	7,000	70,000	700,000	7,000,000	14,000,000	21,000,000
8,000	8,000	80,000	800,000	8,000,000	16,000,000	24,000,000
9,000	9,000	90,000	900,000	9,000,000	18,000,000	27,000,000
10,000	10,000	100,000	1,000,000	10,000,000	20,000,000	30,000,000

Fuente: Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia ensayo mexico, 2008

Una vez obtenidos los datos anteriores se procede al diseño estructural de techo y diseño estructural de la pila de captación así como los cálculos de materiales para la obra en sí.

3.2.13. Diseño de la obra de captación

- **Realizando las zanjás**

En una construcción normal, las zanjás tienen usualmente 40cm de profundidad y 40cm de ancho. Dentro de éstas zanjás se coloca una placa de concreto que sostendrá en peso de la construcción.

- **Realizando las armaduras**

Para las armaduras se emplean principalmente varilla corrugada #3 y #2. El diseño básico de la armadura consiste en 4 varillas gruesas (#3) extendidas formando internamente un rectángulo de 15cm x 40cm. Para darle forma y sostener este rectángulo, se usa varilla #2 en forma de aros (o pequeños rectángulos) colocados cada 20cm de largo y sostenidos con alambre negro.

- **Columnas verticales**

Para realizar estas columnas se necesitan formaleas. Estas formaleas las utiliza el constructor para cerrar la caja en donde verterá el concreto que tapará la armadura vertical.

El diseño en cuanto a varillas de construcción para estas columnas son usualmente las mismas necesarias para las armaduras del piso.

Las armaduras esquineras, utilizan el mismo diseño pero consisten en dos armaduras entrelazadas.

- **Colocación del blockes**

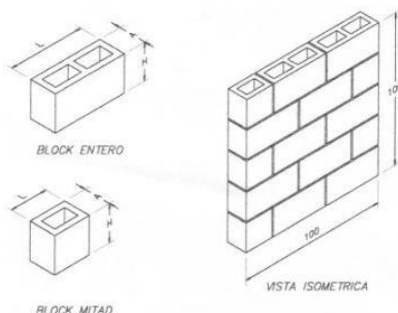
Para sostener la pared de block se necesitan varillas #3 vertical y horizontal.

Las varillas verticales se colocan usualmente cada 60cm. La varilla se introduce en uno de los huecos del block y se sujeta a la armadura del piso.

Las varillas horizontales se colocan cada 3 filas de block (60 cm) y se unen a las varillas verticales con alambre negro.

Cada uno de los block se une con concreto a los demás. Este concreto se utiliza solamente en las “pegas” del block, usualmente no se rellenan los block con concreto, sin embargo esto no es una constante y debería ser evaluada dependiendo de la magnitud de su construcción.

Imagen N° 4: Colocación de Blockes



Fuente: <http://visarqtips.blogspot.com/>

Block: Se vende por Unidad. El block es muy simple de estimar, si usa block normal (40cm x 20cm), solamente se mide los metros cuadrados de pared y dividamos entre 0.08 metros (área de un block). Recuerde restar las ventanas y las columnas.

Varillas #3 y #2: Se venden por unidad y cada una tiene 6 metros de largo.

- **Losa**

El armado se hace con varilla del número 2 1/2 o del 3. El armado se hace igual que para cualquier tamaño de losa lo que cambia es la cantidad de varilla y la separación de estas, que es de acuerdo al tamaño del cuarto. Siempre y cuando la suma del lado mayor y menor de la losa no sume más de 9 metros, porque de ser así necesitaría una viga en medio.²⁸

²⁸ (<http://visarqtips.blogspot.com/2009/10/muros-de-block-huecos.html>)

3.2.14. Materiales y equipos

Materiales de riego:

- Fuente de abastecimiento. (PILAS).
- Balde.

Equipos y usos:

- Anillos infiltrometros.
- Cronómetro.
- Probeta.
- Cinta métrica.
- Niveles de terreno.
- La pala excavadoras.
- El machete.
- Balanzas.
- Horno.
- Barrena.
- Palin.

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Análisis de suelo

4.1.1. Características hidrofísicas del área de estudio

En el cuadro N° 15 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de clasificación hidrofísica del suelo de la zona en estudio.

Cuadro N° 15: Resultados de la clasificación hidrofísica.

PROPIEDADES HIDROFISICAS	RESULTADOS
Arcilla (%):	10
Limo (%):	30
Arena (%):	60
TEXTURA (Clasificación U.S.D.A.):	FRANCO-ARENOSA
Densidad Aparente (Da):	1.00 gr/cm ³
Densidad Real (Dr):	2.127 gr/cm ³
Capacidad de campo (Cc):	18.768 %
Punto de marchitez permanente (PMP):	12.957 %
Materia Orgánica (MO):	4.90%

Fuente: SAGSA-DISAGRO / Laboratorio de Edafología (UNI)

Según cuadro de resultados obtenidos de laboratorio se observa que en el área de estudio existe un suelo franco-arenoso de acuerdo a la clasificación U.S.D.A. (United State Department of Agriculture), que indica que el porcentaje mayor es de arena con 60%, seguido de limo con 30%, y arcilla con 10%.

La densidad aparente (Da) corresponde a 1.00 gr/cm³, teniendo una evaluación como baja, lo que indica que es un suelo orgánico, posee un bajo contenido de arcilla, los materiales húmedos se sueltan rápido de la barrena, entre otras particularidades. (Ver cuadro N° 1).

Se observa una densidad real (Dr) de 2.127 gr/cm³, con esto se dice que el suelo posee un bajo contenido de yeso y de materia orgánica. (Ver cuadro N° 2).

Capacidad de campo corresponde a 18.768 indica una retención de agua media y el punto de marchitez permanente medio de 12.957. (Ver cuadro N° 3 y N° 4).

La Materia Orgánica correspondiente a 4.90% según rangos de análisis está dentro de los parámetros aceptables, siendo una concentración alta. (Ver cuadro N° 5 y anexos N° 2.1 - N° 2.2)

4.1.2. Características químicas del área de estudio

En el cuadro N°16 se observan los resultados de análisis de las propiedades químicas de suelo realizados en el laboratorio de la empresa SAGSA-DISAGRO.

Cuadro N° 16: Resultados de las propiedades químicas del suelo

PROPIEDADES QUÍMICAS	RESULTADOS
pH en KCl (Extracto 1/2,5 H ₂ O)	4,76
C.E. 20°C (Extracto 1/5 H ₂ O)	110,0 µS/cm
<u>Potenciometría. (TITRACIÓN)</u>	
NITRÓGENO (Dumas)	2833.4 mg/Kg
Relación C/N	10,0
<u>Espectrosc. Emisión Óptica (ICP-OES)</u>	
Extracción HN ₄ Ac 1N, pH Suelo	
FÓSFORO Disponible Olsen/Bray Kurtz	13,7 mg/Kg
ALUMINIO Cambio KCl	0,01 meq/100gr
<u>Extracto 1/5 de H₂O</u>	
AZUFRE Asimilable	92,3 mg/Kg
BORO Asimilable	1,29 mg/Kg
<u>Extracto NH₄Ac 1N, pH Suelo</u>	
CALCIO Disponible	20,0 mg/Kg
MAGNESIO Disponible	4,37 mg/Kg
POTASIO Disponible	3,12 mg/Kg
SODIO Disponible	0,32 mg/Kg

Extracción Lindsay y Norvell

HIERRO disponible DTPA	35,6 mg/Kg
MANGANESO disponible DTPA	3,36 mg/Kg
COBRE disponible DTPA	10,7 mg/Kg
ZINC disponible DTPA	1,95 mg/Kg

Cambios

CIC	13,4 meq/100g
CALCIO Cambio	18,6 meq/100g
MAGNESIO Cambio	3,77 meq/100g
SODIO Cambio	0,16 meq/100g
POTASIO Cambio	2,18 meq/100g

Fuente: SAGSA-DISAGRO

En estos resultados se puede apreciar los diferentes elementos que posee la zona de estudios, empezando con un pH en KCL de 4.76 y de pH de agua de 6.33, lo que indica un tipo de acidez débil, está próximo a la neutralidad, adecuada a la disponibilidad de la mayor parte de los elementos minerales. La diferencia entre pH de agua y pH de KCL sugiere un suelo desaturado de bases con gran tendencia a la acidificación. La conductividad eléctrica presentada es de 110 μ S/cm un suelo no salino con efectos de sales despreciable. ([Ver Anexo N° 2.2](#))

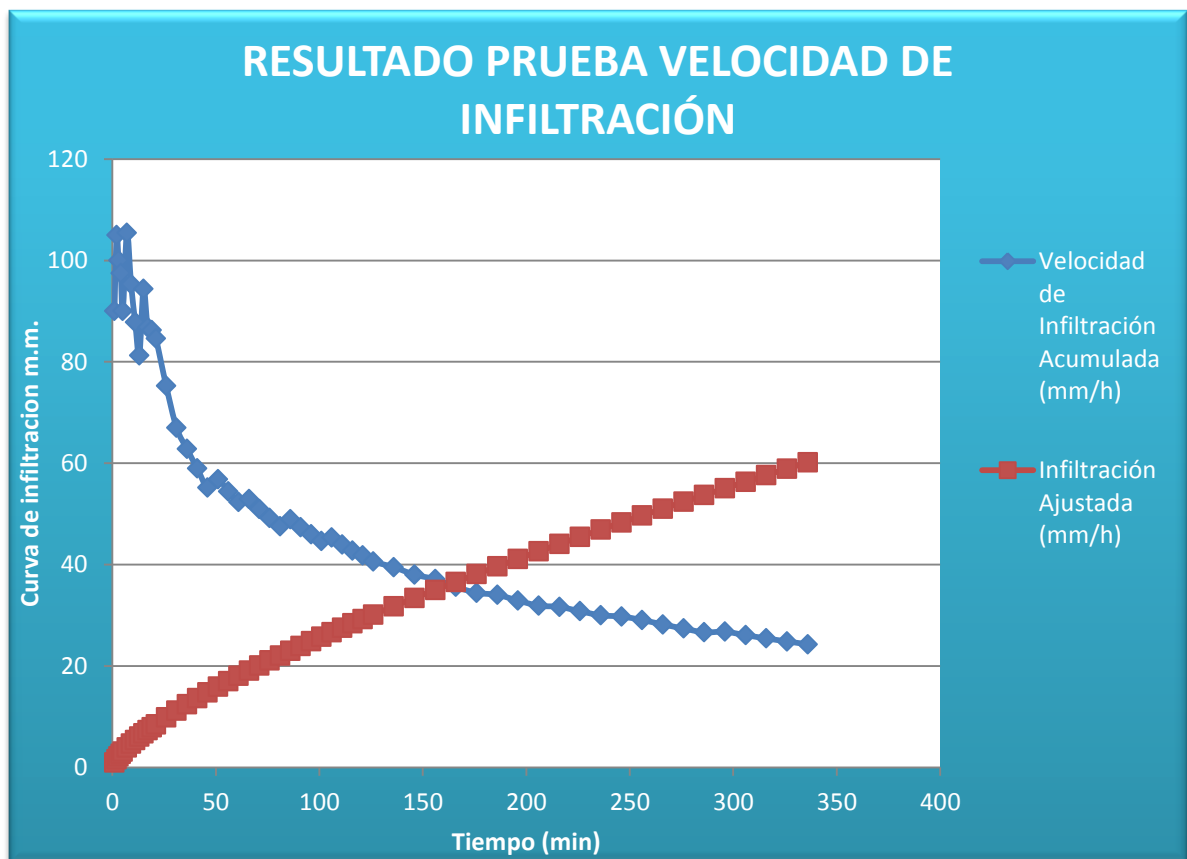
Los elementos fundamentales tales como nitrógeno, fósforo y potasio se encuentran en un nivel óptimo indicando su estabilidad sin el efecto de fertilización siendo esto una ventaja al momento de la aplicación del mismo. ([Ver Anexo N° 2.3](#))

El calcio, potasio y azufre presentan un alto contenido en el terreno a diferencia del sodio que se encuentra bajo. ([Ver Anexo N° 2.4 y 2.5](#))

4.1.3. Velocidad de infiltración método cilindro infiltrómetros

En el siguiente gráfico se representan las curvas de infiltración (Velocidad de Infiltración vs. Infiltración Ajustada).

Imagen N° 5: Gráfico de curvas de infiltración



Fuente: PROPIA

En la gráfica se aprecia el comportamiento de infiltración de la zona. Al principio de la prueba, la infiltración oscilaba entre 95 a 105 mm/h, en un intervalo aproximado de casi 20 min o más.

Al transcurso de la prueba se aprecia como la infiltración se va estabilizando paulatinamente, ya en el minuto 125 se observa la permanencia de la curva hasta que la infiltración se estabilizó, siendo este tipo de suelo con infiltración alta

Este comportamiento se debe a la textura del suelo, como antes se interpretó, se tiene un suelo franco arenoso, el que indica que existen espacios porosos y una granulometría alta, lo cual repercute en el alto nivel de infiltración básica de **24 m.m./hr.** (Ver Anexo N° 3.1 y 3.2)

4.2. Análisis fisicoquímico del agua para riego agrícola

En los cuadros N°17 y N°18 se presentan los resultados de análisis de las propiedades y composiciones químicas de la fuente de agua (pila con agua pluvial cosechada durante periodo de enero a diciembre de 2012):

Cuadro N° 17: Resultados del análisis de las propiedades del agua

PROPIEDADES DEL AGUA	RESULTADOS
PH	9,32
C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C)	121
Dureza total ($^{\circ}\text{F}$)	2,4
S.A.R.	0,47
Residuo Calculado (g/l)	0,09
Presión Osmótica (atm)	0,04

Fuente: SAGSA-DISAGRO

Cuadro N° 18: Resultados del análisis de la composición química del agua

Cationes			Aniones		
	meq/l	mg/l		meq/l	mg/l
Espect. Emisión Plasma			Potenciometría. (TITRACIÓN)		
Calcio	0,17	3,50	Alcalinidad	0,59	35,9
Magnesio	<0,31	<3,75	Cloruros	<0,28	<10,00
Sodio	0,23	5,18	Nitratos	<0,16	<10,00
Potasio	0,25	9,87	Sulfatos	<0,21	<10,00
Suma de Aniones (meq/l):	1,24				
Suma de Cationes (meq/l):	0,96				

Fuente: SAGSA-DISAGRO

Cuadro N° 19: Resultados del análisis de la composición química del agua

OBLIGOELEMENTOS	RESULTADOS
Boro (mg/l)	<0,05
Hierro (mg/l)	<0,05
Manganeso (mg/l)	<0,05
Cobre (mg/l)	<0,05
Zinc (mg/l)	1,32

Fuente: SAGSA-DISAGRO

El pH arrojado según resultados corresponde a 9.32 lo que indica una cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua. El agua que contenga más iones de hidrógeno tiene una acidez mayor, mientras que el agua que contiene más iones de hidróxido indica un rango básico, siendo el obtenido de un rango básico. (Ver Anexo N° 2.8 y 2.6)

Con ayuda de los diferentes resultados, se realiza la interpretación con respecto al agua que, es de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Se puede presentar problemas con esta agua solo si el suelo es de baja permeabilidad pero como antes se analizó, el suelo en la zona es de alta permeabilidad, así que no presenta ningún inconveniente. (Ver cuadro N° 2.8 y 2.6)

Antes, en la interpretación de suelo se demuestra el bajo contenido de sodio, lo cual en el análisis de agua volvemos a observar el mismo indicador de sodio, pero siempre se denota apta para el riego en la mayoría de los casos. (Ver cuadro N° 2.6)

En la relación anión-cation se logra determinar las diferentes cantidades de cloruros, sulfatos, nitratos y bicarbonato siendo estos los aniones con un 0.59, mientras que lo correspondiente al calcio, magnesio, potasio y sodio siendo estos los cationes con un 0.65. (Ver Anexo N ° 2.6 y 2.7)

4.3. Topografía de la zona

La finca El Paraíso posee una topografía peculiar, con pendientes muy inclinadas, cauces naturales y una variación de niveles en los suelos. Por lo cual se sectorizó la finca en función de los diferentes cultivos, teniendo en cuenta las curvas de nivel y para una mayor efectividad del sistema de riego en los diferentes cítricos con distintas dimensiones según diseño agronómico de la siguiente manera:

Cuadro N° 20: Representación de las distintas áreas de la finca El Paraíso

Sector	Área (m ²)
I	3,697.0066
II	2,670.9798
III	2,348.5135
IV	2,006.8191
V	2,397.0939
VI	1,740.5870
Área Total	14,860.9999

Fuente: PROPIA

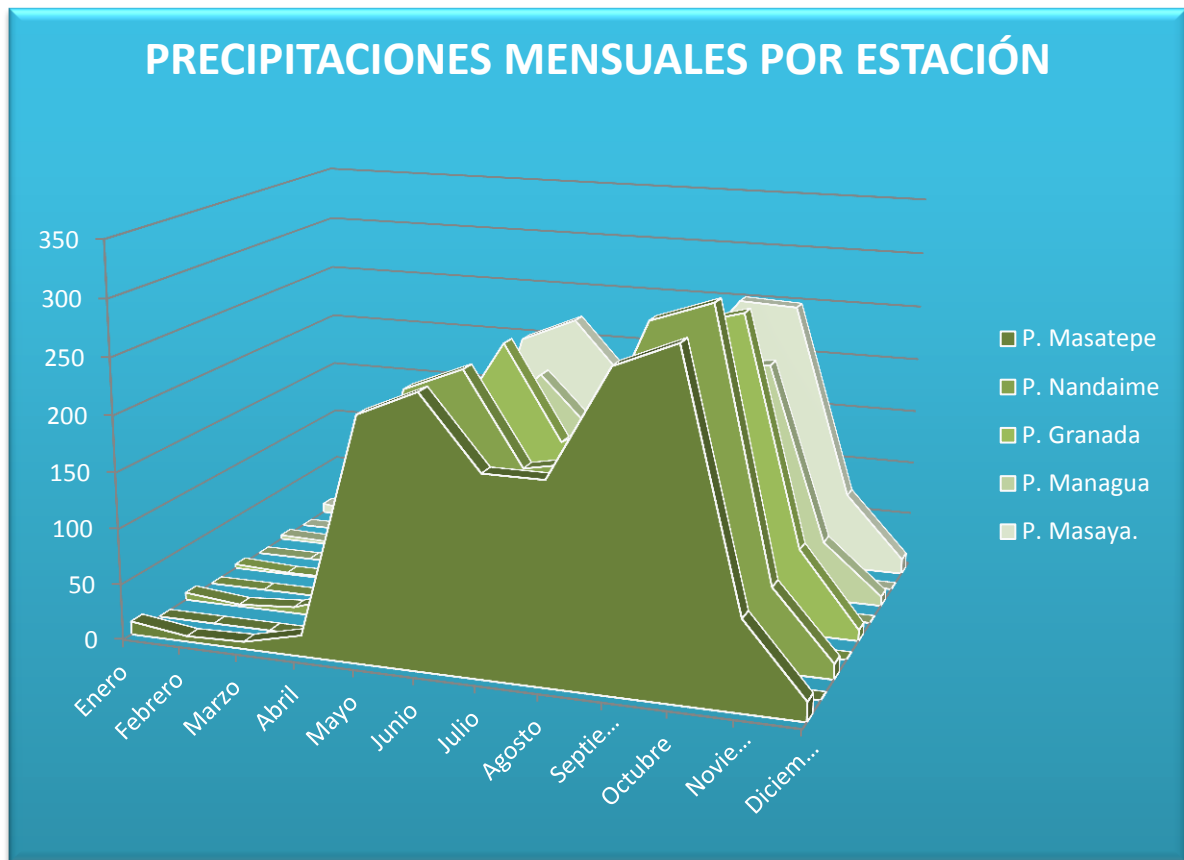
Los diferentes sectores corresponden a distintos tipos de cultivos presentados en el estudio, asignados de la siguiente manera: Naranja Valencia comprende los sectores I, II, y III, Mandarina a los sectores IV y V, y Limón Tahití abarcando la menor área en el sector VI. ([Ver Anexo IX](#))

4.4. Características climatológicas de la zona

Con la información proporcionada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), se presenta análisis del comportamiento climatológico de la zona en interés, estudiando 5 estaciones del país ubicadas en Granada, Managua, Nandaime, Nandasmo y Masaya. Para fines de una óptima interpretación, se tomó la estación de Masatepe para explicar las variaciones de

temperatura, precipitación y evaporación de esta, debido a la cercanía de la zona de estudio, teniendo los siguientes gráficos:

Imagen N° 6: Precipitaciones mensuales por estacione en la zona de estudio

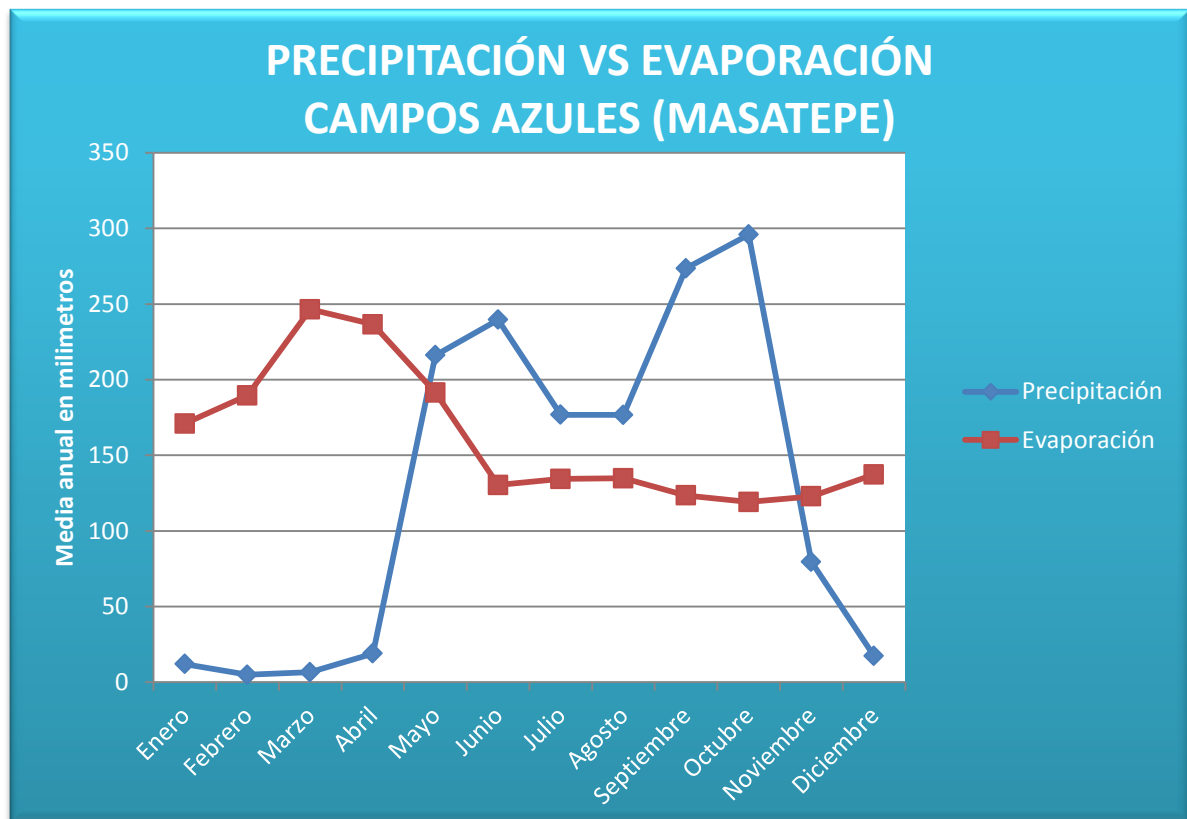


Fuente: INETER

En el gráfico N° 6 se observa el comportamiento de los promedios de precipitaciones de las diferentes estaciones en los cada uno de los meses del año. En el mes de abril se aprecia el comienzo del incremento de precipitaciones. En los meses de mayo y junio se elevan hasta 200 m.m. Posteriormente en los meses de julio y agosto desciende los niveles de precipitación, y luego desde finales del mes de agosto a octubre se observan las mayores cantidades de precipitación para concluir en noviembre y diciembre que llegan a unos de los niveles más bajos.

Por lo tanto, el gráfico N° 6 indica que en el transcurso del año se contará con lluvia para ser almacenada por la obra de captación y de esta manera asegurar la aplicación del fertiriego en cada uno de los ciclos del cultivo. (Ver Anexo 4.1 – 4.24)

Imagen N° 7: Precipitación - evaporación de la estación campos azules (Masatepe)



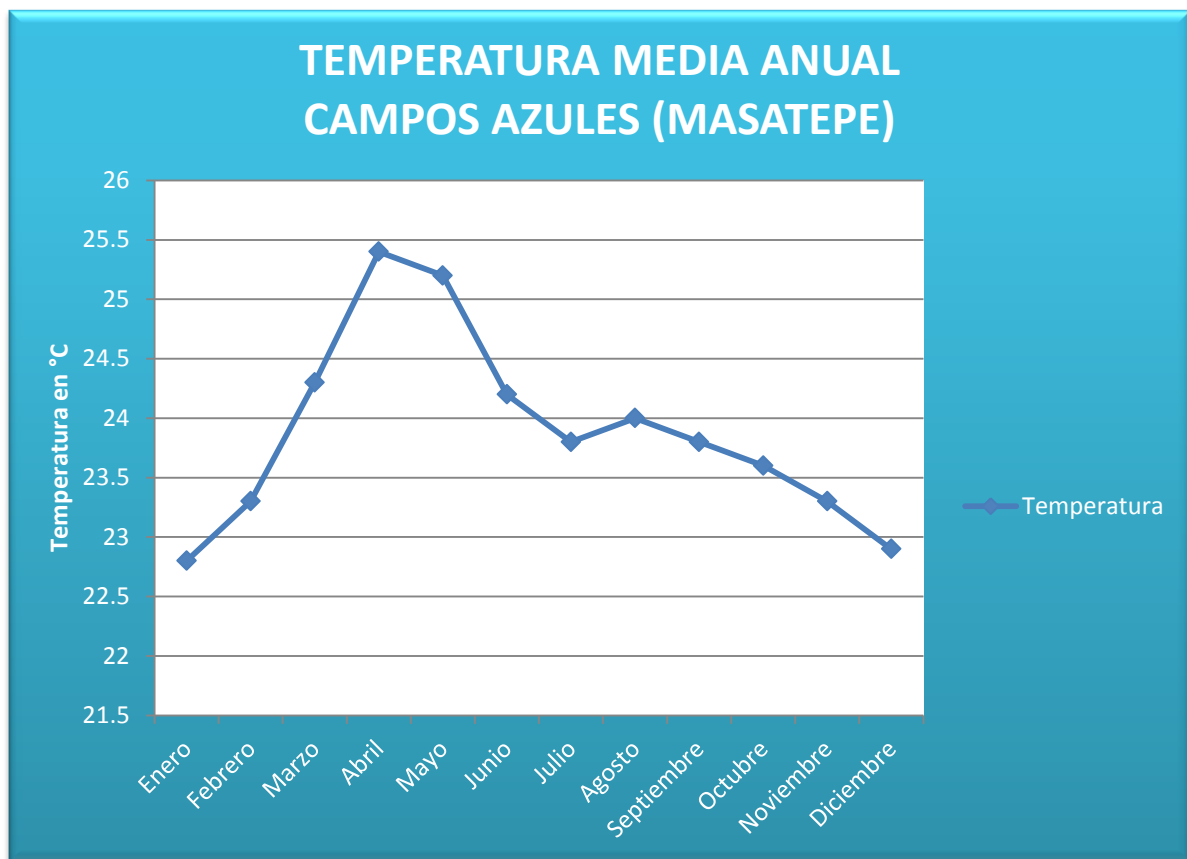
Fuente: INETER

La relación precipitación – evaporación para esta estación, refleja que la línea de evaporación se mantiene en niveles elevados, los mayores niveles corresponden a los meses de enero a marzo, disminuyendo desde el mes de abril hasta junio, a diferencia de las precipitaciones que empiezan a incrementar en el mes de abril. En los meses de mayo a octubre la evaporación se mantiene mientras que las precipitaciones siguen aumentando, En los últimos meses del año se puede apreciar como la evaporación se ha mantenido a diferencia de la precipitación que ha descendido significativamente.

Esto señala que la evaporación es alta en todo el año, por lo tanto si la radiación solar se encuentra en contacto directo con el agua que es almacenada, esta causará una pérdida sustancial y por ende dejando a la obra de captación sin el recurso fundamental.

Por lo tanto esta obra de captación no deberá ubicarse a la intemperie para así lograr un buen control del agua almacenada. (Ver Anexo 4.1 – 4.24)

Imagen N° 8: Temperatura media anual campos azules (Masatepe)



Fuente: INETER

La temperatura es de suma importancia en la ubicación de la obra de captación de agua, por lo que es primordial conocer el comportamiento de esta en la zona de estudio; en la imagen N° 8 indica que la temperatura oscila en un rango de 22.8 °C

a los 25.4 °C. Por lo tanto la obra de captación debe permanecer bajo condiciones aislantes al calor y así evitar la evaporación provocada por las elevadas temperaturas de la zona. (Ver Anexo 4.1 – 4.24))

4.5. Cálculo de precipitación media anual según polígono de Thiessen

Para la elaboración de la obra de captación es importante la interpretación del entorno climatológico de la zona (precipitación). Para dicho fin se empleó el método del polígono de Thiessen con información de cinco estaciones climatológicas, estas arrojan los siguientes resultados:

Cuadro N° 21: Resultados de análisis de polígono de Thiessen en la zona de estudio

ZONA (LA CONCEPCIÓN)	Estación de Influencia	Precipitación (mm)	Área de la Zona por Estaciones (Km ²)	Área por Precipitación (Km ²)
I	Masaya	1,309.90	2,225.5671	2,962,007.2530
II	Masatepe	1,472.60	44,929.0313	66,162,491.4900
III	Managua	1,109.20	16,701.2111	18,524,983.3500
		TOTAL	63,855.8095	87,649,482.0930

Área de la Zona por Estaciones (Km)	Área por Precipitación (Km)	Precipitación Media (mm)
63,855.81	87,649,482.09	1,373.6156

Fuente: PROPIA

Con ayuda del gráfico del polígono de Thiessen, se obtienen las estaciones (precipitaciones) de mayor influencia en la zona de estudio (La Concepción): Managua, Masaya y Masatepe. Se observa que Masatepe es la que posee más área de influencia, con 44,929.0313 Km², seguido de Managua y Masaya.

Con estas áreas se determinó la precipitación media anual de **1,373.6156 mm.** siendo esta una información esencial al momento de diseñar la obra de captación, con la cual se pretende captar la mayor cantidad de agua pluvial en el transcurso del año. (Ver Anexos N° IX)

4.6. Cálculo de probabilidad de precipitación según la fórmula de Weibull

En el cuadro N° 22 se presenta el promedio de la probabilidad del 75% de precipitación anual de la estación de Masatepe.

Cuadro N° 22: Promedio de la probabilidad del 75% de precipitación anual de Masatepe

AÑO	Precipitación Anual (mm)	Precipitación Anual en Modo Decreciente (mm)	Número de orden (m)	Probabilidad de cada Año (Pa)	Precipitación Anual al 75% de Probilidad (mm)
1983	984.5	2281.2	1	3.33	
1984	1455.3	2155.4	2	6.67	
1985	1226.4	2063.3	3	10.00	
1986	1349.5	2059	4	13.33	
1987	1089.6	2049.3	5	16.67	
1988	1898.7	1901.4	6	20.00	
1989	1477.9	1898.7	7	23.33	
1990	1241.5	1791.9	8	26.67	
1991	1217.6	1775.2	9	30.00	
1992	1078.5	1711.1	10	33.33	
1993	1791.9	1690.6	11	36.67	
1994	1056.9	1627.1	12	40.00	
1995	1711.1	1515.4	13	43.33	
1996	2059	1477.9	14	46.67	
1997	1210.2	1455.3	15	50.00	
1998	2049.3	1387.8	16	53.33	
1999	1627.1	1349.5	17	56.67	
2000	1111.8	1337.8	18	60.00	
2001	1387.8	1241.5	19	63.33	
2002	1690.6	1226.4	20	66.67	
2003	1515.4	1217.6	21	70.00	
2004	1337.8	1210.2	22	73.33	1161
2005	2155.4	1111.8	23	76.67	
2006	1029.9	1089.6	24	80.00	
2007	1775.2	1078.5	25	83.33	
2008	2063.3	1056.9	26	86.67	
2009	1040.8	1040.8	27	90.00	
2010	2281.2	1029.9	28	93.33	
2011	1901.4	984.5	29	96.67	
2012	361.8	361.8	30	100.00	

Fuente: INETER

Cuadro N° 23: Promedio de la probabilidad del 75% de precipitación anual de la zona de estudio

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN MEDIA
MANAGUA	820.44 m.m.
GRANADA	1071.74 m.m.
NANDAIME	1144.22 m.m.
MASATEPE	1161.00 m.m.
MASAYA	1142.2 m.m.
PROMEDIO	1067.92 m.m.

Fuente: INETER

Siendo la estación de Masatepe como la de mayor influencia en la zona, y también determinando la importancia de las cuatro estaciones restantes, se establece cuál será la precipitación a obtener durante cierto periodo, por lo tanto, según cuadro, se define que el promedio de las precipitaciones anuales a una probabilidad del 75% de las estaciones sería de 1,067.92 m.m.

Con respecto a lo analizado, se determina que el período en el cual se captaría esta cantidad de agua pluvial sería el de que, por cada cuatro años de lluvia se obtendría tres años de esta cantidad, y un año incierto de recolección. Se debe reconocer que el clima puede variar en cualquier momento pero con este análisis se logra establecer esta cantidad de agua por una probabilidad. (Ver Anexos N° 5.1 – 5.4)

4.7. Cálculo de la evapotranspiración (ET_o)

En el siguiente cuadro se muestran los datos de temperatura mínima, temperatura máxima, humedad, viento, insolación y radiación del promedio anual, con el objetivo de calcular la evapotranspiración de mensual, con ayuda del programa CROPWAT 8.0.

Cuadro N° 24: Cuadro de resultados de la ET_o según CROPWAT 8.0

MESES	T. MIN °C	T. MAX °C	HUMEDAD	VIENTO	INSOLACIÓN	RAD	ET _o (mm/día)
Enero	20.5	30.2	74	156	7.9	18.5	3.99
Febrero	20.9	31.4	70	164	8.6	20.9	4.67
Marzo	21.6	32.9	66	156	9	22.9	5.29
Abril	22.8	34	65	147	8.6	22.8	5.47
Mayo	23.4	33.1	73	121	7.1	20.2	4.73
Junio	22.9	31	82	112	5.6	17.7	3.92
Julio	22.7	30.4	83	121	5.7	17.9	3.87
Agosto	22.7	30.9	83	121	6.5	19.3	4.14
Sept.	22.4	30.6	84	104	6.1	18.5	3.92
Octubre	22.3	30.1	85	95	6.4	18	3.7
Nov.	21.6	29.9	81	121	7.1	17.7	3.64
Dic.	20.8	29.8	77	147	7.6	17.6	3.71
Promedio	22.1	31.2	77	130	7.2	19.3	4.25

Fuente: PROPIA

De acuerdo al cuadro N° 24 se reconoce que el mes de mayor evapotranspiración de la zona es el mes de abril con 5.47 mm/día y noviembre el mes de menor evaporación con 3.64 mm/día. Teniendo suma importancia en el cálculo del diseño agronómico del sistema de fertirrigación. (Ver Anexos N° 4.7 – 4.10)

4.8. Análisis de la estructura foliar

En el cuadro N° 25 se presentan los resultados de análisis físico-químico de las muestras foliares, a continuación detallada:

Cuadro N° 25: Resultado de análisis físico químico foliar

PARÁMETRO	RESULTADO	PROC. ANÁLISIS
Nitrógeno Dumas	3,04 %	PEC-034
Fósforo	0,16 %	PC-200
Azufre	0,20 %	PC-200
Cloruros	< 300 mg/Kg	PEC-010
Calcio	3,01 %	PC-200
Magnesio	0,29 %	PC-200
Cobre	8 mg/Kg	PEC-009
Boro	53 mg/Kg	PC-200
Hierro	134 mg/Kg	PC-200
Manganeso	27 mg/Kg	PEC-009
Potasio	1,66 %	PEC-009
Zinc	15 mg/Kg	PEC-009

Fuente: SAGSA-DISAGRO

Según estos resultados se aprecia que el nitrógeno se encuentra en un rango de exceso con un 3.04%. ([Ver cuadro N° 8](#))

Se observan los niveles de azufre, calcio, magnesio, cobre, boro y manganeso con un nivel óptimo. ([Ver cuadro N° 8](#))

En cuanto al hierro y potasio sus niveles se consideran altos a diferencia del zinc que presenta una escasez en el contenido foliar. ([Ver cuadro N° 8 y Anexo N° 2.9 – 2.11](#))

4.9. Determinación de dosis de fertilizante

En el cuadro N° 26 se presentan los resultados de análisis fisicoquímicos de suelo obtenidos en laboratorio, para posteriormente proceder a realizar el cálculo de las dosis de fertilizantes, teniendo en cuenta la información del cuadro N° 27 donde se presentan las áreas cultivadas de la finca en estudio:

Cuadro N° 26: Resultado de análisis fisicoquímico de suelo

PROPIEDAD	CANTIDAD
Materia Orgánica (M0)	4.90%
Fosforo (P. Disponible)	13.7 mg/Kg
Potasio (K. Disponible)	3.12 meq/100gr
Nitrógeno	2,833.4 mg/kg
pH	6.33
Densidad Aparente	0.774 gr/cm ³
Textura	Arena: 60 Arcilla: 10 Limo: 30

Fuente: SAGSA-DISAGRO – Laboratorio de edafología (UNI)

Cuadro N° 27: Área total de la zona cultivada y por sector

Sector	Área (m ²)
I	3,697.0066
II	2,670.9798
III	2,348.5135
IV	2,006.8191
V	2,397.0939
VI	1,740.5870
Área Total	14,860.9999

Fuente: Propia

Esta área se convierte a cm² para el desarrollo de los cálculos de fertilización que sería: **148,609,999 cm²**.

A continuación se presentan los resultados del cálculo de la dosis de fertilización:

Cuadro N° 28: Dosis de fertilizantes a utilizar en los diferentes cultivos

CULTIVO	NITROGENO (N)	FÓSFORO (P)	POTASIO (K)
NARANJA	5 qq de N de A	4 qq de MAP	2 qq de MOP
MANDARINA	3 qq de N de A	2 qq de MAP	1 qq de MOP
LIMÓN	1 qq de N de A	1 qq de MAP	1 qq de MOP

Fuente: Propia

Cuadro N° 29: Concentraciones de fertilizantes a emplear en el cultivo de la Naranja

DOSIS	Nitrato de Amonio NH ₄ NO ₃		Fosfato Monoamónico (MAP) NH ₄ H ₂ PO ₄		Cloruro de Potasio (MOP) KCl		FECHA
I	1.28 qq	128 lb	2 qq	200 lb			Inicio del Ciclo
II	1.14 qq	114 lb	1 qq	100 lb			Floración
III	1.14 qq	114 lb	1 qq	100 lb	0.8 qq	80 lb	Fruto
IV	1.00 qq	100 lb			1.2 qq	120 lb	Final del Ciclo

Fuente: Propia

Cuadro N° 30: Concentraciones de fertilizantes a emplear en el cultivo del limón

DOSIS	Nitrato de Amonio NH ₄ NO ₃		Fosfato Monoamónico (MAP) NH ₄ H ₂ PO ₄		Cloruro de Potasio (MOP) KCl		FECHA
I	0.790 qq	79.5 lb	1 qq	100 lb			Inicio del Ciclo
II	0.695 qq	69.5 lb	0.5 qq	50 lb			Floración
III	0.695 qq	69.5 lb	0.5 qq	50 lb	0.4 qq	40 lb	Fruto
IV	0.60 qq	60 lb			0.6 qq	60 lb	Final del Ciclo

Fuente: Propia

Cuadro N° 31: Concentraciones de fertilizantes a emplear en el cultivo de la Mandarina

DOSIS	Nitrato de Amonio NH ₄ NO ₃		Fosfato Monoamónico (MAP) NH ₄ H ₂ PO ₄		Cloruro de Potasio (MOP) KCl		FECHA
I	0.256 qq	25.6 lb	0.4 qq	40 lb			Inicio del Ciclo
II	0.217 qq	21.7 lb	0.3 qq	30 lb			Floración
III	0.217 qq	21.7 lb	0.3 qq	30 lb	0.4 qq	40 lb	Fruto
IV	0.2 qq	20 lb			0.6 qq	60 lb	Final del Ciclo

Fuente: Propia

En el cuadro N° 28 se describen las diferentes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio, que requieren los cultivos con la finalidad de obtener un eficiente desarrollo en cada uno de su ciclo vegetativo y obtener una mayor calidad de los productos; su unidad de medida está representada en quintales.

En los cuadros N° 29, 30 y 31 se puede apreciar las dosis que se aplicarán en los cultivos, los cuales se expresan en unidades de quintales o libras, dependiendo de la forma de aplicación que desee el agricultor.

Para optimizar el proceso en la etapa de producción, se proponen cuatro ciclos para aplicar los diferentes fertilizantes, y las fechas de inyección de estos en el sistema de riego.

Una vez determinadas las necesidades de nutrientes de los cultivos, se determina que en el primer ciclo de fertilización se aplique solamente nitrato de amonio y fosfato monoamónico ya que estos ayudarán en el crecimiento de los cultivos, desarrollo de sus tallos y hojas. Esta aplicación será a un 30% y 40% respetivamente.

En el segundo ciclo se determina la aplicación de nitrato de amonio y fosfato monoamónico con 25% y 30% porque continúa en su etapa de desarrolló del fruto.

En un tercer ciclo se aplican tres fertilizantes, nitrato de amonio, Fosfato de monoamónico y Cloruro de potasio, debido a que en este momento de crecimiento de la planta tendremos floraciones y el potasio ayudará al fruto a concentrar sus nutrientes y obtener una mejor calidad, con 25%, 30% y 40% respectivamente.

En el último ciclo se aplicará solamente Nitrato de Amonio y Cloruro de Potasio que ayudarán a nuestro fruto a darle una mejor calidad. Con 20% y 60% respectivamente. ([Ver Anexo N° VI](#))

4.10. Diseño agronómico

En el cuadro N° 32 se presentan los resultados de los cálculos del diseño agronómico realizado para la zona en estudio:

Cuadro N° 32: Diseño agronómico

CULTIVO	Superficie	Eto Máxima	ND	Gotero	Smj	N° G/Árbol
Naranja	8716 m ²	5.47 mm/día	52.93 l/día/árbol	8 l/h	1.4 m ²	4
Mandarina	1740 m ²	5.47 mm/día	52.93 l/día/árbol	8 l/h	1.4 m ²	4
Limón	4403 m ²	5.47 mm/día	52.93 l/día/árbol	8 l/h	1.4 m ²	4

CULTIVO	Tr (h)	Ns	Np	Nprs	Qb	Qn l/s /ha
Naranja	2	6	545	182	5,478.65 l/h – 1.53 l/s	1.75
Limón	2	6	109	54	1,640.47 l/h – 0.46 l/s	2.62
Mandarina	2	6	275	138	4,151.4 l/h – 1.15 l/s	2.62

Fuente: Propia

En el presente cuadro se contempla las tres variedades de cultivos, cada uno con datos tales como: el área de plantación (superficie), Evapotranspiración máximas (Eto), necesidad de riego (ND), Gotero, superficie mojada (Smj), número de goteros por árbol (N° G/Árbol), tiempo de riego empleado en horas (Tr), número de sectores (Ns), número de plantas (Np), número de plantas a regar simultáneamente (Nprs), Caudal de bombeo (Qb), y caudal necesario para regar el área (Qn).

Según los resultados del análisis del diseño agronómico para el cultivo de la naranja, se puede apreciar que el caudal necesario de riego es de 1.75 l/s-ha para un número de plantas de 545, con un tiempo de riego de 2 horas por sector, teniendo en cuenta que son tres sectores correspondientes al cultivo de la naranja

Se utilizó goteros autocompensantes de 8 l/h con una presión de entrada de 1 bar, separados a 200 cm o 2 m, lo cual resulta en una cantidad de 4 goteros por planta,

teniendo una longitud máxima de ramal de tubería de 48m, para los sectores I, II y III, y posee una superficie mojada de 1.4m^2 .

De acuerdo a análisis previamente realizados, se determinó que el agua posee una conductividad eléctrica de 0.121mmhos/cm , lo que indica un agua sin salinidad y por ende aplicamos la ecuación No. 25 para obtener las necesidades de agua por planta, resultando en 52.93 l/día/árbol . (Ver página N° 54)

Las jornadas requeridas son de 10 horas, para los seis sectores en los que se trabaja y así lograr un óptimo sistema de fertirrigación. (Ver Anexos N° 7.1 – 7.3)

4.11. Diseño hidráulico

En los cuadros N° 33, 34, 35, 36 y 37, se observan los resultados obtenidos en el cálculo del diseño hidráulico de la zona en estudio. (Ver Anexos N° 8.1 -8.9)

4.11.1. Diseño del lateral

Cuadro N° 33: Diseño del lateral

Nº SECTOR	Nº Salidas	Presión Gotero (m.c.a)	Q Lateral (lph)	Ha (mcm)	Diámetro Teórico (mm)	Diámetro Interno (mm)	H (m.c.a)	Po (m.c.a)
1	52.0000	10.20	416	1.12	15.17	16.0	0.87	3.34
2	40.0000	10.20	320	1.12	13.05	16.0	0.43	7.51
3	32.0000	10.20	256	1.12	11.53	13.0	0.63	5.66
4	36.0000	10.20	288	1.12	12.35	13.0	0.88	5.84
5	36.0000	10.20	288	1.12	12.37	13.0	0.89	2.85
6	40.0000	10.20	320	1.12	12.91	13.0	1.08	2.49

Fuente: Propia

En este cuadro se contempla los seis sectores de los diferentes cultivos, con un número de salidas que varía en dependencia de la longitud del lateral y el número de plantas en cada lateral. La presión de gotero para todos los sectores es de 10.20 m.c.a previamente establecido en la selección del gotero. El caudal del

lateral oscila entre 320 y 416 en los sectores, en dependencia del número de salidas y el caudal del gotero. La pérdida de carga admisible en la entrada del lateral es de 1.12 m.c.a en todos los sectores, considerando la presión del gotero, el exponente de descarga y constantes, que se contemplan en la ecuación N° 35. (Ver Anexos N° 61)

Con esta interpretación se obtiene los diámetros teóricos en milímetros y por ende los diámetros internos según la existencia en el mercado para así lograr calcular la pérdida de carga en la tubería lateral y posteriormente la presión necesaria en la entrada del lateral.

4.11.2. Diseño tubería secundaria

Cuadro N° 34: Diseño tubería secundaria

Nº SECTOR	Tuberías Secundarias	Q Lateral (l/h)	Nº Líneas	h'a (m.c.a)	Diámetro Interno (mm)	Diámetro nominal (mm)	h' (m.c.a)	P'º (m.c.a)
1	TS 1-1	416.0000	12	1.83	36.4	40	1.18	7.86
	TS 1-2	416.0000	9	1.83	36.4	40	0.57	7.42
2	TS 2-1	320.0000	9	1.96	28.4	32	1.18	12.57
	TS 2-2	320.0000	9	1.96	28.4	32	1.18	12.57
3	TS 3-1	256.0000	9	1.96	28.4	32	0.80	10.69
	TS 3-2	256.0000	9	1.96	28.4	32	0.80	10.69
4	TS 4-1	288.0000	9	1.96	28.4	32	0.93	12.39
	TS 4-2	288.0000	9	1.96	28.4	32	0.93	12.39
5	TS 5-1	288.0000	9	1.96	28.4	32	0.93	12.39
	TS 5-2	288.0000	9	1.96	28.4	32	0.93	12.39
6	TS 6-1	320.0000	9	1.96	28.4	32	1.12	12.52
	TS 6-2	320.0000	9	1.96	28.4	32	1.12	12.52

Fuente: Propia

En el diseño de la tubería secundaria se contempla como cada sector está dividido en dos líneas de tuberías secundarias, en el caso del sector uno existe tubería secundaria 1-1 (TS 1-1) y tubería secundaria 1-2 (TS 1-2), indicando que cada uno de ellos se encarga de inyectar los diferentes caudales hacia los correspondientes

laterales; en este caso para ambos el caudal es de 416 l/h. El número de líneas para TS 1-1 es de 12 y para TS 1-2 es de 9, esto en dependencia de la longitud de tubería secundaria y la distancia entre portagotero.

De acuerdo a lo anterior se obtiene los diámetros (nominal e interno) requeridos, para que estas tengan un correcto funcionamiento según el caudal calculado en cada sector. Para así determinar las pérdidas de carga, las cuales indican ser todas menores a las pérdidas de cargas admisibles en la secundaria, con esto se dice que los diámetros seleccionados tendrán un correcto funcionamiento.

4.11.3. Diseño tubería principal fuente

Cuadro N° 35: Diseño tubería principal fuente

DESDE	HASTA	TRAMO	Q(l/h)	Long(m)	Dnominal(mm)	h(m.c.a)
TOMA	N1	TP-1	8736	24.79	63	0.44
N1	V1	TP-2	8736	41.47	63	0.73
V1	N2	TP-3	5760	43.02	50	1.18
N2	V2	TP-4	5760	35.1	50	0.97
V2	N3	TP-5	4608	26.57	50	0.49
N3	V3	TP-6	4608	52.39	50	0.98
N3	V4	TP-6	5184	45.61	50	1.04
N2	V5	TP-4	5184	28.41	50	0.65
N1	V6	TP-2	5760	38.24	63	0.33

Fuente: Propia

En el presente cuadro se observan los datos de los cálculos del diseño hidráulico de la tubería principal en donde se puede apreciar los diferentes requerimientos de nodos y válvulas que demandará la red de tubería, en cada uno de los tramos analizados.

El diámetro nominal de la tubería varía de acuerdo a la longitud del tramo analizado y el caudal en la red. Posteriormente se obtendrá la pérdida de carga en el punto más desfavorable, se puede observar que ninguna excede a 1.18 m.c.a., siendo este el mayor correspondiente al tramo TP-3 de la válvula 1 al nodo 2.

Cuadro N° 36: Presiones requeridas en cada válvula

DESDE	HASTA	P(m.c.a)
TOMA	V1	8.45
	V2	18.29
	V3	17.17
	V4	19.61
	V5	16.78
	V6	15.81

Fuente: Propia

En este cuadro se muestra las presiones necesarias a la entrada de las válvulas para los sectores donde se implementará el fertirriego, cada una varía entre 8.45 y 19.61 m.c.a., teniendo la mayor presión en la válvula 4 con 19.61 m.c.a., el cual es fundamental para el diseño de la red.

El requerimiento de trabajo de bomba es de 8,736 l/h.

Cuadro N° 37: Presiones requeridas en cada válvula

P.de C. Tubería o Portagotos	1.08	m
P.de C. Tubería Secundaria	1.18	m
P.de C. Tubería Principal	1.04	m
P.de C. Accesorios Tubería	0.8	m
P.de C. Válvula Automática	1	m
P.de C. Cabezal de Goteo o est. De filtrado	10	m
P.de C. Accesorios de Aspiración e impulsión	1.5	m
Desnivel Geométrico	11	m
Presión de Trabajo del Gotero	10.2	m
P. de C. en Equipo de Fertirrigación	1.5	m
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL	39.3	m
POTENCIA DE LA BOMBA	2	H/P

4.12. Cálculo de la cantidad de agua pluvial de la zona

Cuadro N° 37: Cálculo de la cantidad de agua pluvial de la zona

Precipitación promedio anual (Polígono de Thiessen)	Probabilidad de precipitación según la fórmula de Weibull	Cantidad de agua pluvial obtenida
1,373.6153 mm	1,067.92 mm	640.752 m³

Fuente: Propia

Para la zona en estudio se realizaron los siguientes análisis: precipitación media anual por el método de polígono de Thiessen siendo esta de 1,373.6153 mm, y cálculo de probabilidad de precipitación según la fórmula de Weibull siendo esta de 1,067.92 mm. Teniendo una variación en los resultados debido a la metodología implementada, lo cual nos permitió tomar el dato de menor precipitación para asegurar un volumen de agua en el año.

La cantidad de lluvia aprovechable por las plantas es de un 70% de la probabilidad de precipitación según la fórmula de Weibull de la lluvia anual que es de 961.6307 mm.

De acuerdo a la probabilidad de precipitación según la fórmula de Weibull se obtiene un volumen de agua pluvial de 640.752 m³.

4.13. Diseño de la obra de captación

De acuerdo a la necesidad de riego, se diseñó la obra de captación de agua pluvial, la cual almacenará 700 m³, con dimensiones de 3.5 de fondo, 10m de ancho y 20m de largo. Este riego de subsistencia será para los periodos de floración y formación de fruto de las plantas de acuerdo a las horas de riego establecidas según lo requerido por los cultivos.

La obra de captación es de mampostería reforzada, con bloques de 0.20cm x 0.40cm, con hierros de refuerzo N°3 para obtener una estabilidad en la estructura que sea apta para soportar las distintas fuerzas dinámicas a las que estará sometida.

Para evitar cualquier tipo de infiltración se construye unas lozas de malla electro soldadas de 6x6 6/6 que mantendrá el fondo de la estructura en condiciones óptimas soportando fuerzas de hasta 3,000 PSI. Para la elaboración del concreto, la maya electro soldada y la unión entre paredes se empleó una proporción de mezcla de 1:1.5:2.5, que indica una resistencia de más de 3,500 PSI, para lograr una estructura sólida y evitar cualquier posible debilitamiento en la obra.

En el reservorio se pretende colocar una regla graduada en el punto donde la bomba será colocada para tener un mejor control de agua.

Para la elaboración del techo, se realizó una estructura de perlines soldados formando cajas de 6"x4", esta estructura se anclará al terreno con bases de concreto, cubriendo la estructura del reservorio en su totalidad. Teniendo como dimensiones de techo de 20m de ancho, 30m de largo, con un techo aislante para evitar cualquier perdida por evaporación. ([Ver Anexo IX](#))

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Considerando las propiedades hidrofísicas y químicas del suelo en el área de estudio, se determina que están aptas para este tipo de sistemas de fertirrigación siendo importante denotar que el suelo presenta altos contenidos de nutrientes, materia orgánica, entre otros, y teniendo un nivel de infiltración alta, lo cual permitirá a los fertilizantes llegar a los niveles radiculares.
2. Los resultados de los análisis hídricos son idóneos para la aplicación de un sistema de fertirrigación en la zona de estudio.
3. Los factores climatológicos de la zona de estudio, determinan que la probabilidad de precipitación anual es de 1,063.92 m.m., esto en base a métodos como el polígono de Thiessen, y de probabilidad de precipitación según Weibull.
4. Debido a la constante precipitación en esta zona, logra ser una de las más productivas tanto del área del pacífico, y a nivel nacional, esto permite que se puede obtener una producción constante de los cultivos en el año.
5. La estructura foliar de los cultivos existentes en la zona presentan niveles de nutrientes elevados, lo que indica que la planta ha estado en constante ingesta de estos, para este proceso, la determinación de dosis presentada es fundamental para cada etapa en el ciclo de los cultivos.
6. El diseño agronómico determinó la necesidad de agua de los cultivos, siendo esta de 52.93 l/día/árbol, Este volumen de agua y la dosis de fertilizantes calculadas serán lo fundamental en el buen desarrollo de las plantas.
7. El diseño geométrico refleja los distintos niveles existentes en la zona, lo cual permitió desarrollar un adecuado sistema de fertirriego aprovechando los desniveles existentes.

8. El diseño de la obra hidráulica después del análisis permite establece sus dimensiones, con un almacenaje de 700 m^3 , esto representa el volumen de agua pluvial dispuesto para el sistema de fertirrigación.

5.2 Recomendaciones

1. Para el buen uso del suelo y una mayor productividad se debe realizar diferentes análisis en toda su estructura, para así poder determinar el transcurso de los fertilizantes, posibles retención de ellos, y observar cualquier tipo de déficit que presente para poder solventarlo.
2. Realizar análisis químicos en las cosechas de agua posteriores, para así determinar la calidad de esta y si es apta para aplicación de fertirriego.
3. Implementar prácticas de conservación de suelo para evitar escorrentía, ya que teniendo pendientes elevadas y después de precipitaciones altas, el agua fácilmente podrá llevarse los nutrientes que se han administrado al suelo.
4. Para el mantenimiento del sistema hidráulico, el agricultor podrá realizar labores de mantenimiento en los filtros, malla, válvulas, bomba, etc., y así evitar las pérdidas en los accesorios y tuberías.
5. Se recomienda controlar el proceso de llenado de la obra con ayuda de la regla graduada colocada en el reservorio, lo cual le permitirá conocer el nivel óptimo para determinar el comienzo de la fertirrigación.

BIBLIOGRAFÍA

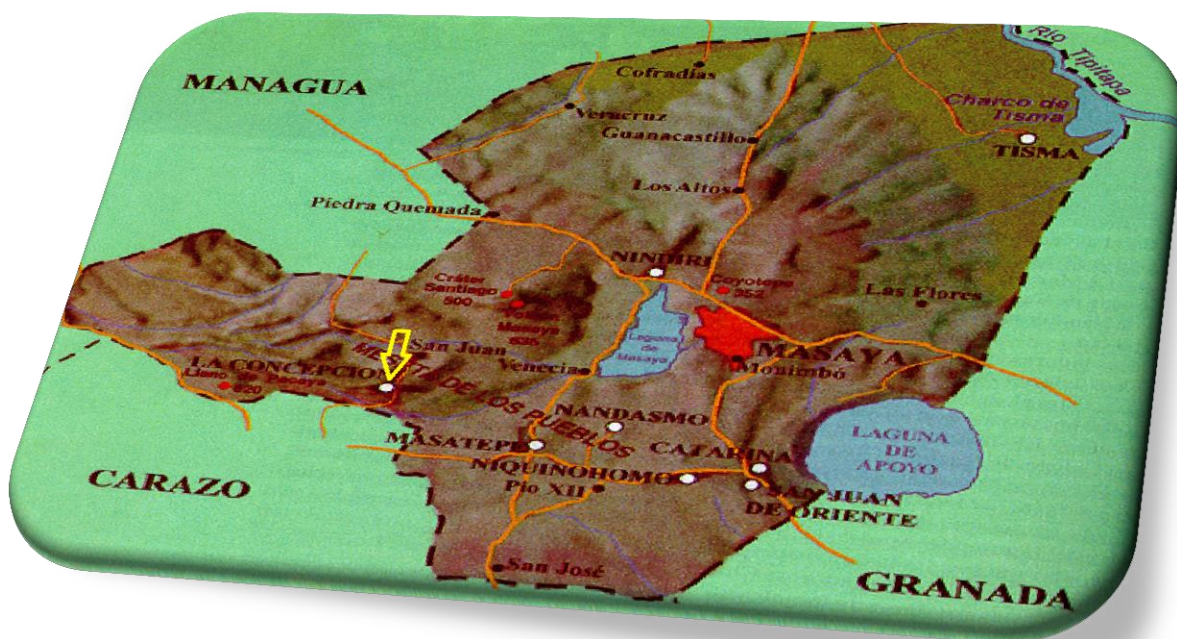
1. Velázquez Palomino, Karen. Riego por Goteo. Starbook Editorial. 2009
2. Rivera, Danilo. Cosecha de agua en zonas secas. Managua: Enlace 66.p. 2004
3. Smith, Eduardo y Maireni Pau, Luis. Aumento de la oferta hídrica. Editorial taller C. x A. Juan Vallenilla, esq, Juanico Dolores. 2010
4. Worthen, Edmund y Aldrich, Samule. Suelos Agrícolas: Su conservación y fertilización. Hispano Americana, México D.F. 1967
5. Marín García, M^a Luisa; Aragón Revuelta , Pilar; Gómez Benito, M^a Carmen. Análisis Químicos de Suelos y Aguas. Publi. Uni. Polité. 2004
6. Catalá Icardo, Mónica; López Paz, José Luis; Marín García, M^a Luisa. ANÁLISIS QUÍMICO GENERAL Y APLICADO A SUELOS Y AGUAS. Publi. Uni. Polité. 2007.
7. Walczak RT, Moreno F, Slawinski C, Fernández JE, Arrúe JL. Modeling of soil water retention curve using soil solid phase parameters. Journal of Hydrology 329: 527-533. 2006
8. López MV, de Dios Herrero JM, Hevia GG, Garcia R, Buschiazzi DE. Determination of the wind-erodible fraction of soil using different methodology. Geoderma 139: 407-411. 2007.
9. Yagüe, Luis Fuentes. MANUAL PRÁCTICO SOBRE UTILIZACIÓN DE SUELO Y FERTILIZANTES. 2003.
10. Moya Talens, J. A. RIEGO LOCALIZADO Y FERTIRRIGACIÓN. 4 Edición. 2009.
11. Eds. F.S. Nakayama & D.A. Bucks. Trickle Irrigation for Crop Production. Elsevier, ISBN 0-444-42615-9. 1986
12. Soler Aznar. J y Soler Fayos. G. Cítricos Variedades y Técnicas. MUNDI-PRENSA, LIBROS S.A. 2006.
13. ACRIBIA EDITORIAL 1999, Cítricos, F.S. Davies, L. G. Abrigo.

14. López Duarte, Luis Silverio, Espinoza Vanegas, Glenda Elizabeth y Méndez Úbeda, José Mamerto. Efecto de la aplicación de fertilizante soluble a diferentes dosis mediante fertirrigación en los cultivos del melón y sandía. Monografía. 2011.
15. De Vicchi, 1995. El Gran Libro Ilustrado de la Poda y de los Injertos, Fausto E., Isa Gorini.
16. (<http://www.slideshare.net/ernestocheguevara/caracterizacion-masaya>)
17. (http://www.laai.com.uy/htm_empresa/muestra_de_suelo.htm)
18. (<http://www.monografias.com/trabajos24/analisis-agua/analisis-agua.shtml>)
19. (http://www.siar.cl/docs/protocolos/Infiltracion_suelo.pdf)
20. (http://en.wikipedia.org/wiki/Penman_equation)
21. (http://www.infoagro.com/citricos/diagnostico_nutricional_citricos.htm)

ANEXOS

ANEXO I – IMÁGENES DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

ANEXO N° 1.1. Imagen de macrolocalización



Fuente: Google Earth

ANEXO N° 1.2. Imagen de microlocalización



Fuente: Google Earth

ANEXO II – INFORMES ANALÍTICOS DE SUELO, AGUAS DE RIEGO Y MUESTRAS VEGETALES

ANEXO N° 2.1. Informe analítico de suelos

INFORME ANALÍTICO DE SUELOS - N° S-12/04515

CLIENTE: SAGSA DISAGRO NICARAGUA
Paso a desnivel Portezuelo, 300 m al lago, Apto 2657, Managua Nicaragua
NI-

C. Logístico:		Grupo:	SAGSA DISAGRO NIC
N° de Muestra:	S-12/04515	Fecha de Muestreo:	13-ago-12
Tipo de Muestra:	SUELOS	Fecha de Recepción:	13-ago-12
Unidad de gestión:		Fecha de Inicio:	21-ago-12
Descripción:	El Paraiso	Fecha de Finalización:	5-sep-12
Código de Análisis:	S-3003-DSG	Muestreador:	, Cliente

PROPIEDADES FÍSICAS

GRANULOMETRÍA (PIC-018)	Arcilla (%):	10
	Limo (%):	30
	Arena (%):	60
	TEXTURA (Clasificación U.S.D.A.):	FRANCO-ARENOSA

PROPIEDADES QUÍMICAS

VALORES DE REFERENCIA

pH (Extracto 1/2,5 H ₂ O) (PIC-001)	6,33	6,5	-	7,5
pH en KCl (Extracto 1/2,5 H ₂ O) (PIC-001)	4,76	6,5	-	7,5
C.E. 20°C (Extracto 1/5 H ₂ O) (PIC-002)	110,0µS/cm			400

Potenciometría (titulación)

MATERIA ORGÁNICA (Walkley-Black) (PIC-013)	4,90 %	2,00	-	3
NITRÓGENO (Dumas) (PIC-034)	2833,4 mg/Kg	1000	-	1500
Relación C/N (PIC-041)	10,0	9,00	-	11,0

Espectrosc. emisión óptica (ICP-OES)

Extracción NH₄Ac 1N, pH SUELO

FÓSFORO Disponible Olsen/Bray Kurtz (PIC-006-P-S)	13,7 mg/Kg	20,0	-	40
ALUMINIO Cambio KCl (PIC-009)	0,01 meq/100gr		-	

Extracto 1/5 H₂O

AZUFRE Asimilable (PIC-009)	92,3 mg/Kg		-	
BORO Asimilable (PIC-009)	1,29 mg/Kg	0,5	-	1

Extracción NH₄Ac 1N, pH SUELO

CALCIO Disponible (PIC-009)	20,0 meq/100g	8,00	-	14
MAGNESIO Disponible (PIC-009)	4,37 meq/100g	1,50	-	2,5
POTASIO Disponible (PIC-009)	3,12 meq/100g	0,50	-	0,8
SODIO Disponible (PIC-009)	0,32 meq/100g			

Extracción Lindsay y Norvell

HIERRO disponible DTPA (PIC-237)	35,6 mg/Kg
MANGANESO disponible DTPA (PIC-237)	3,36 mg/Kg
COBRE disponible DTPA (PIC-237)	10,7 mg/Kg
ZINC disponible DTPA (PIC-237)	1,95 mg/Kg

INFORME ANALÍTICO DE SUELOS - N° S-12/04515

CLIENTE: SAGSA DISAGRO NICARAGUA
Paso a desnivel Portezuelo, 300 m al lago, Apto 2657, Managua Nicaragua
NI-

C. Logístico:		Grupo:	SAGSA DISAGRO NIC
N° de Muestra:	S-12/04515	Fecha de Muestreo:	13-ago-12
Tipo de Muestra:	SUELOS	Fecha de Recepción:	13-ago-12
Unidad de gestión:		Fecha de Inicio:	21-ago-12
Descripción:	El Paraíso	Fecha de Finalización:	5-sep-12
Código de Análisis:	S-3003-DSG	Muestreador:	, Cliente

PROPIEDADES QUÍMICAS

VALORES DE REFERENCIA

CIC (PIC-019)	13,4 meq/100g	15	20
CALCIO Cambio (PIC-009)	18,6 meq/100g	-	
MAGNESIO Cambio (PIC-009)	3,77 meq/100g	-	
SODIO Cambio (PIC-009)	0,16 meq/100g	-	
POTASIO Cambio (PIC-009)	2,18 meq/100g	-	

Observaciones:

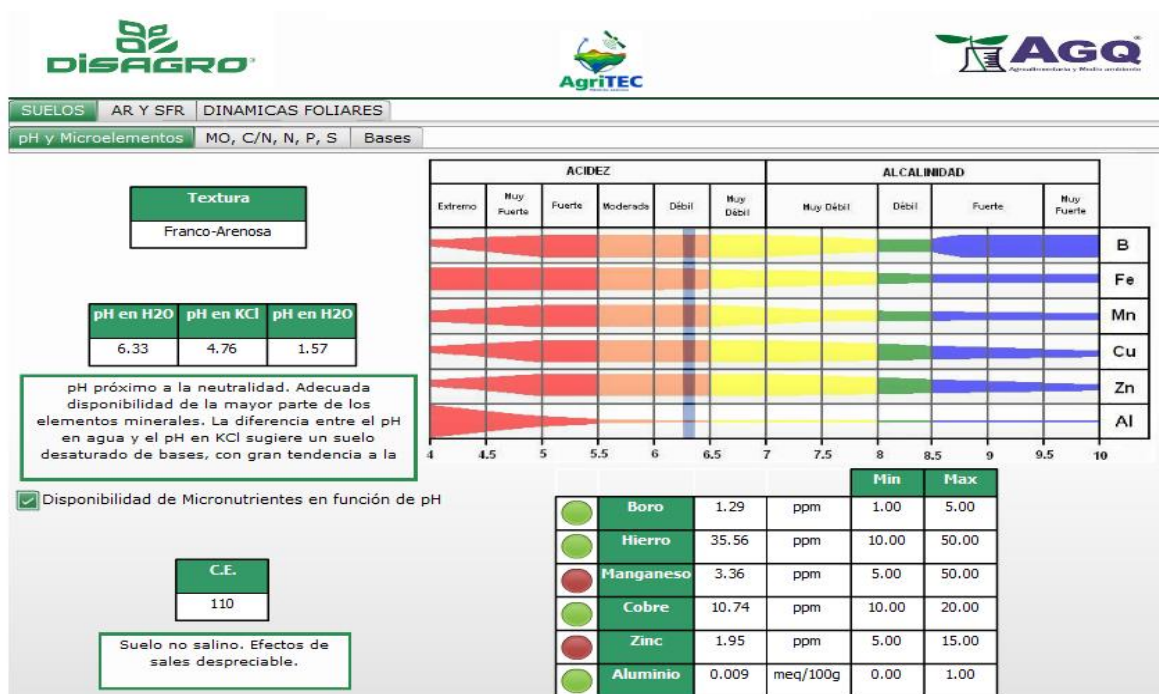


Fdo: Responsable de Laboratorio.
Eduardo Leal
miércoles, 5 septiembre, 2012

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están calculadas y a disposición del cliente que lo solicite.

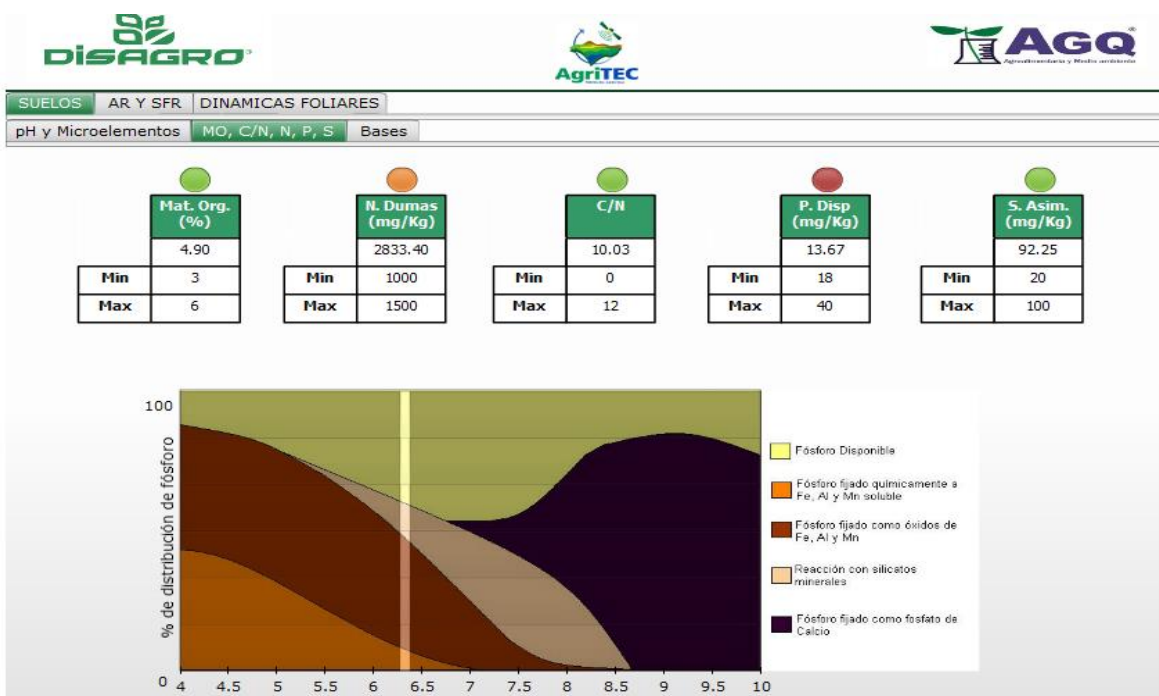
Fuente: SAGSA - DISAGRO

ANEXO N° 2.2. Informe análisis hidrofísico de suelo



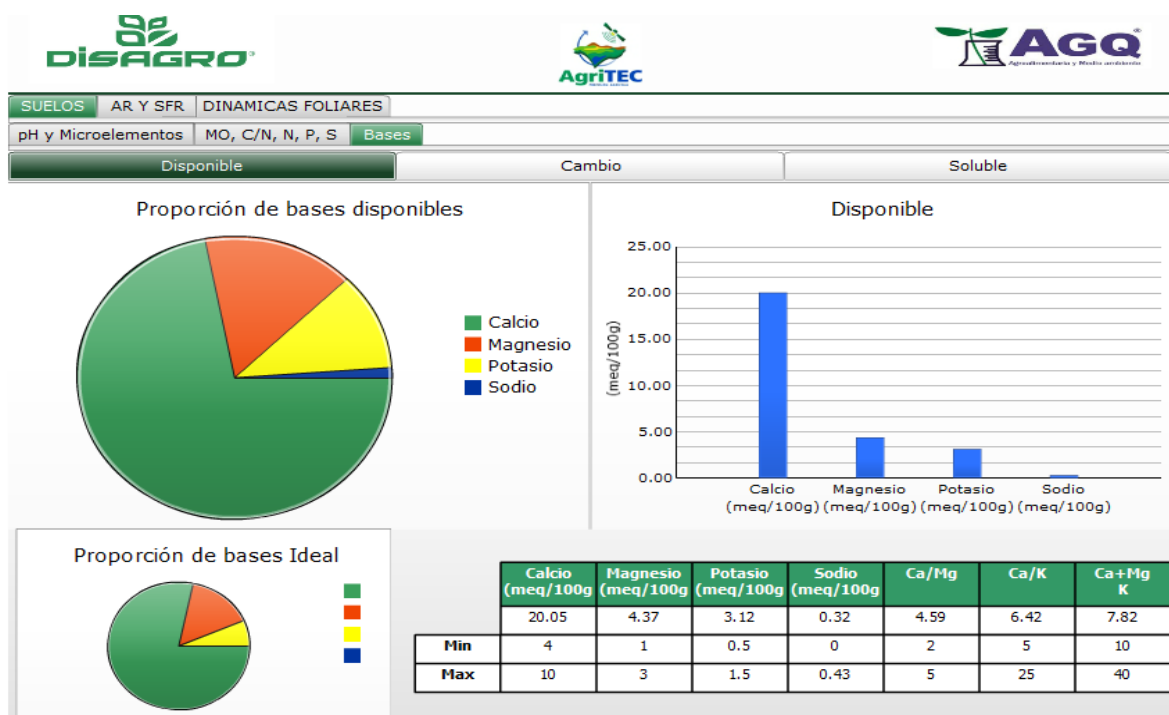
Fuente: SAGSA - DISAGRO

ANEXO N° 2.3. Informe análisis químico de suelo



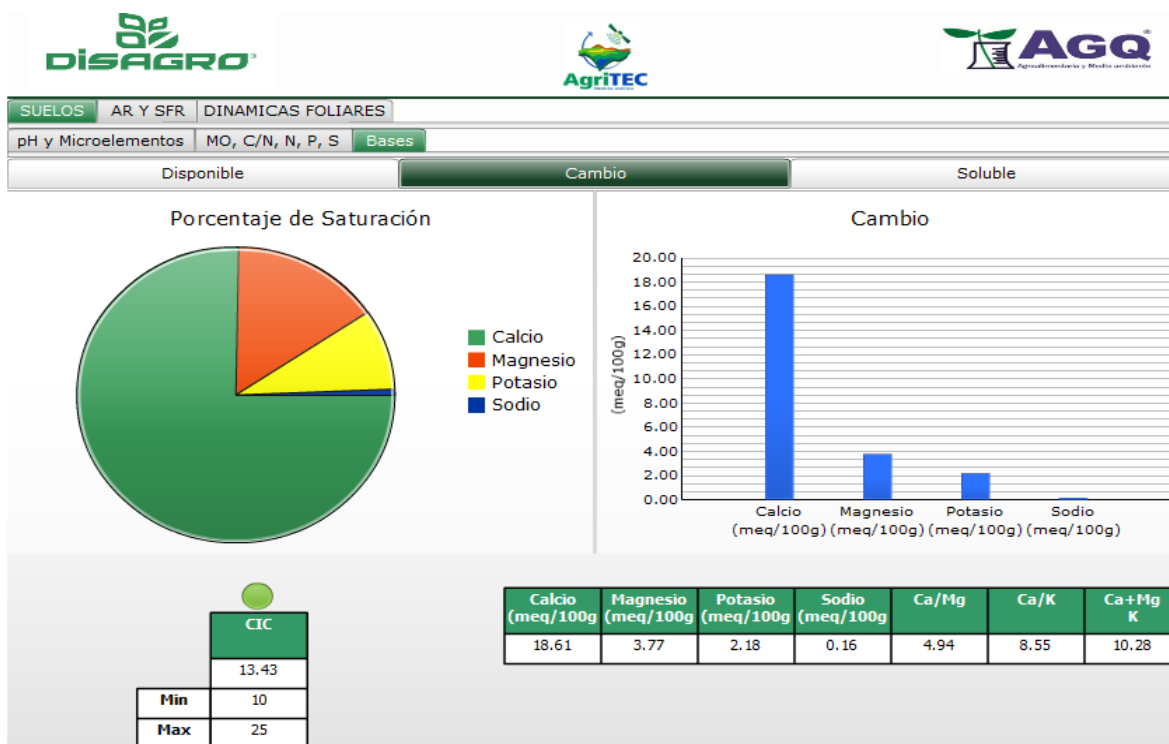
Fuente: SAGSA - DISAGRO

ANEXO N° 2.4. Informe analítico de nutrientes bases de suelo



Fuente: SAGSA - DISAGRO

ANEXO N° 2.5. Informe analítico de nutrientes bases de cambio de suelo



Fuente: SAGSA - DISAGRO

ANEXO N° 2.6. Informe analítico de aguas de riego



INFORME ANALÍTICO DE AGUAS DE RIEGO - N° A-12/08953

CLIENTE: SAGSA DISAGRO NICARAGUA
Paso a desnivel Portazuelo, 300 m al lago, Apto 2657, Managua Nicaragua
NI-

N° de Muestra:	A-12/08953	Fecha de Muestreo:	13-ago-12
Tipo de Muestra:	AGUA RIEGO	Fecha de Recepción:	13-ago-12
Unidad de gestión:		Fecha de Inicio:	21-ago-12
Descripción:	El Paraíso	Fecha de Finalización:	24-ago-12
Código de Análisis:	A-0001-DSG	Muestreador:	Cliente

PROPIEDADES QUÍMICAS

<i>pH</i> (PEC-001)	9,32	<i>Residuo Calculado (g/l)</i> (PEC-037)	0,09
<i>C.E. (µS/cm a 25°C)</i> (PEC-002)	121	<i>* Presión Osmótica (atm)</i> (PEC-038)	0,04
		<i>Dureza total (°F)</i> (PEC-039)	2,4
		<i>S.A.R.</i> (PEC-040)	0,47

COMPOSICIÓN QUÍMICA

<i>CATIONES</i>		<i>ANIONES</i>	
	<i>meq/l</i>		<i>meq/l</i>
<i>Espect. Emisión Plasma</i>		<i>Potenciometría (titración)</i>	
<i>Calcio</i> (PEC-009)	0,17	<i>Alcalinidad</i> (PEC-011)	0,59
<i>Magnesio</i> (PEC-009)	<0,31	(Bicarbonatos)	35,9
<i>Sodio</i> (PEC-009)	0,23	<i>Espect. UV-VIS</i>	
<i>Potasio</i> (PEC-009)	0,25	<i>Cloruros</i> (PE-336)	<0,28
		<i>Nitratos</i> (PE-336)	<0,16
		<i>Espect. Emisión Plasma</i>	
<i>Oligoelementos:</i>		<i>Sulfatos</i> (PEC-009)	<0,21
(<i>Espect. Emisión Plasma</i>)		(Azufre)	<10,00
<i>Boro (mg/l)</i> (PEC-009)	<0,05		
<i>Hierro (mg/l)</i> (PEC-009)	<0,05		
<i>Manganeso (mg/l)</i> (PEC-009)	<0,05		
<i>Cobre (mg/l)</i> (PEC-009)	<0,05		
<i>Zinc (mg/l)</i> (PEC-009)	1,32		
		<i>Suma de Aniones (meq/l):</i>	1,24
		<i>Suma de Cationes (meq/l):</i>	0,96

Observaciones:

P.A.

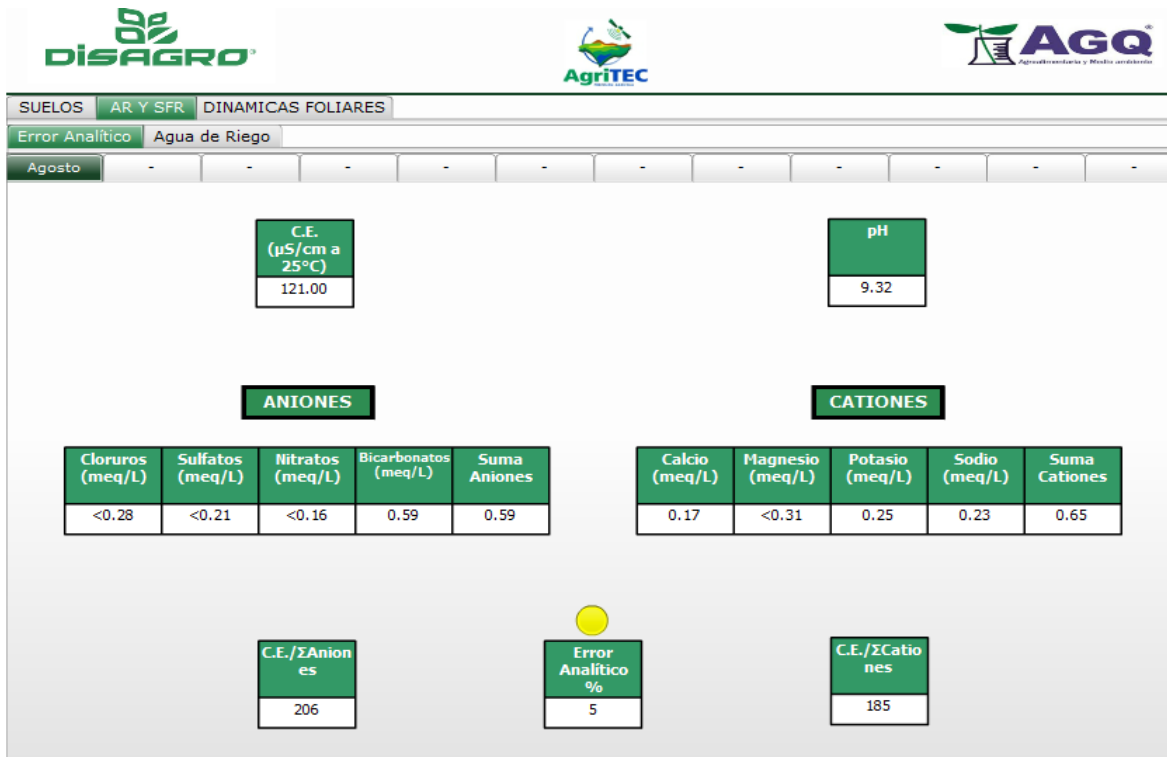
Fdo: Responsable de Laboratorio.
Basilio Núñez

Lunes, 3 septiembre, 2012

Nota: Los Resultados de este informe solo aplican a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están calculadas y a disposición del cliente que lo solicita. * Los parámetros así referenciados, no forman parte del Alcance de Acreditación. Los resultados entre paréntesis están fuera del alcance.

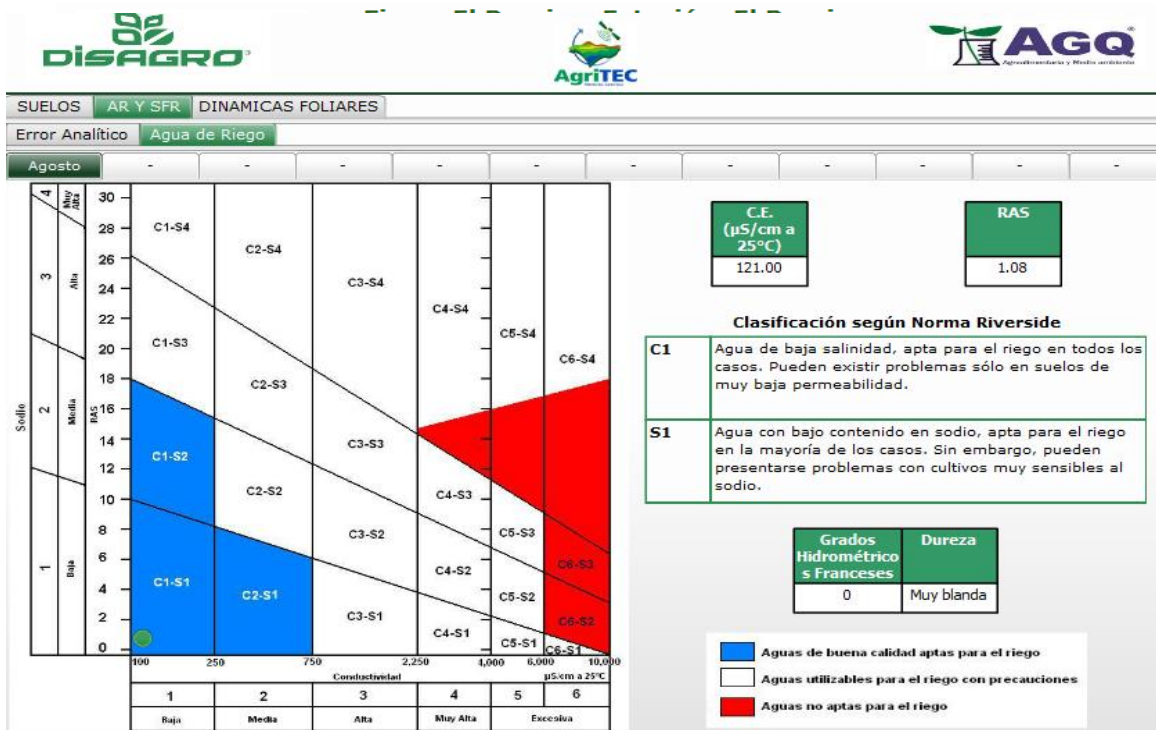
Fuente: SAGSA - DISAGRO

ANEXO N° 2.7. Informe analítico de aguas de riego aniones - cationes



Fuente: SAGSA – DISAGRO

ANEXO N° 2.8. Informe analítico de agua s clasificación según norma Riverside



Fuente: SAGSA – DISAGRO

ANEXO N° 2.9. Informe analítico sobre muestras vegetales



MODIFICACION 1

INFORME ANALÍTICO SOBRE MUESTRAS VEGETALES - N° V-12/09943

CLIENTE: SAGSA DISAGRO NICARAGUA
Paso a desnivel Portezuelo, 300 m al lago, Apto 2657, Managua N
NI-

Tipo de Muestra:	VEGETALES (V)	Fecha de Muestreo:	13-ago-12
Descripción:	El Paraíso	Hora:	
Unidad de Gestión:		Fecha de Recepción:	13-ago-12
		Fecha de Inicio:	21-ago-12
Código de Análisis:	V-0100-DSG	Fecha de Fin:	24-ago-12
		Muestreador	Ciente

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Parámetro	Resultado	Unidades	Proc. Análisis	R. Mínimo	R. Máximo
* Nitrogeno Dumas	3,04	%	PEC-034		
* Fósforo	0,16	%	PC-200		
* Azufre	0,20	%	PC-200		
* Cloruros	< 300	mg/Kg	PEC-010		
* Calcio	3,01	%	PC-200		
* Magnesio	0,29	%	PC-200		
* Cobre	8	mg/Kg	PEC-009		
* Boro	53	mg/Kg	PC-200		
* Hierro	134	mg/Kg	PC-200		
* Manganeso	27	mg/Kg	PEC-009		
* Molibdeno	2,93	mg/Kg	PC-200		
* Potasio	1,66	%	PEC-009		
* Aluminio	31,56	mg/kg	PE-325		
* Sodio	< 250	mg/Kg	PEC-009		
* Zinc	15	mg/Kg	PEC-009		

Observaciones:

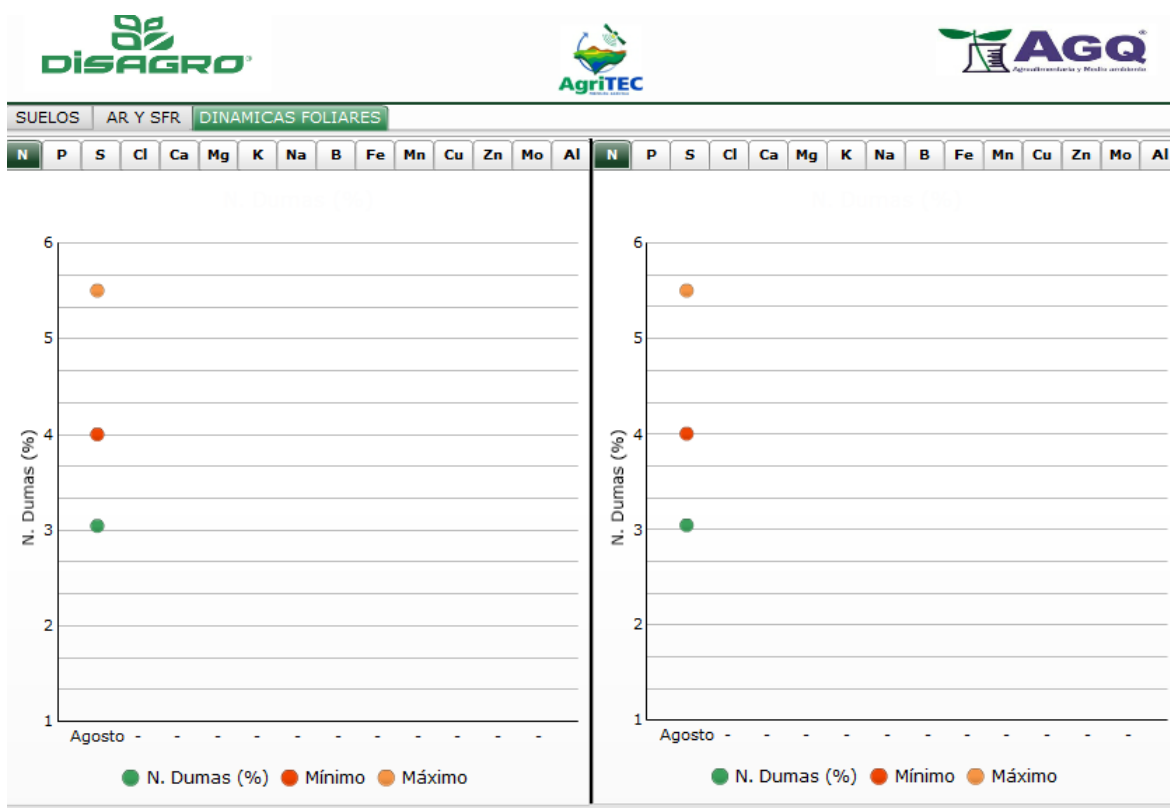
PA

Fdo: Responsable de Laboratorio.
Fernando Olate
25/08/2012

Observaciones: L.D.T.: Límite de Determinación. Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. * Los parámetros así referenciados, no forman parte del Alcance de Acreditación. Los incógnitos están calculados y a disposición del cliente que lo solicite. Los resultados entre paréntesis están fuera del alcance.

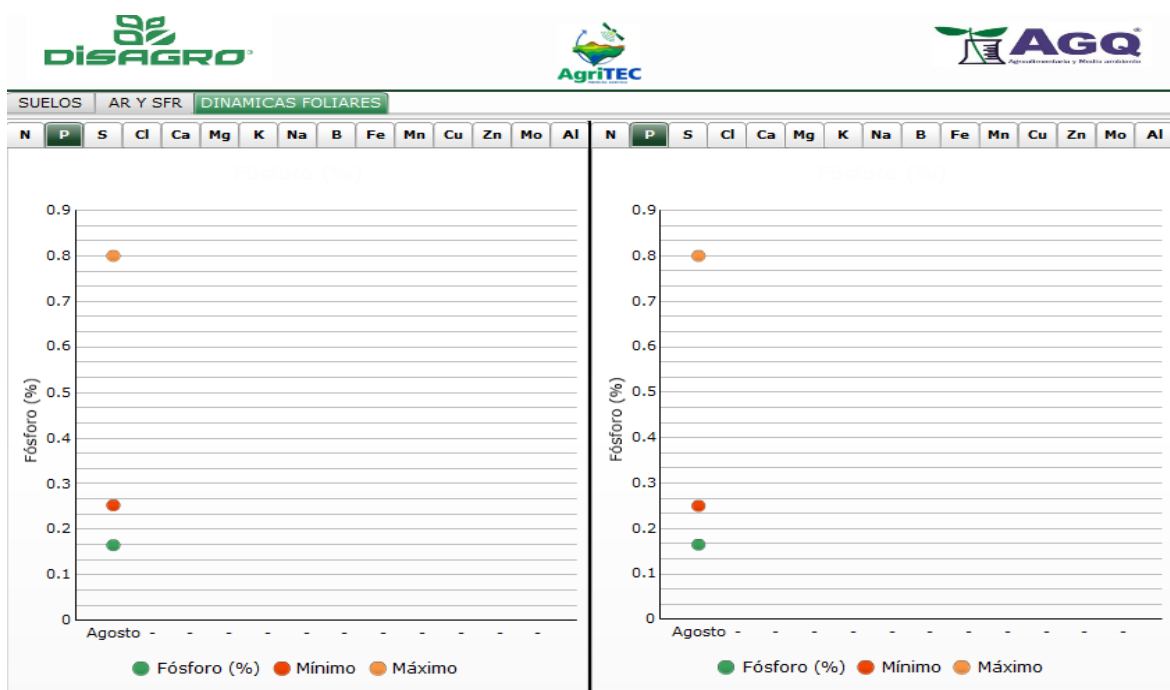
Fuente: SAGSA – DISAGRO

ANEXO N° 2.10. Informe analítico sobre muestras vegetales (nitrógeno)



Fuente: SAGSA – DISAGRO

ANEXO N° 2.11. Informe analítico sobre muestras vegetales (fosforo)



Fuente: SAGSA – DISAGRO

**ANEXO III – TABLA DE INFILTRACIÓN DE CAMPO Y
TABLA DE INFILTRACIÓN CORREGIDA**

ANEXO N° 3.1. Tabla de infiltración de campo

Prueba de Infiltración - Resultados (Comparación de Curvas de Infiltración)

Tiempo Acumulado (cm)	Velocidad de Infiltración Acumulada (cm/h)	Infiltración Ajustada (cm/h)
1	90	0.9910
2	105	1.6165
3	100	2.1522
4	97.5	2.6369
5	90	3.0868
7	105.4286	3.9143
9	95.3333	4.6742
11	87.8182	5.3855
13	81.2308	6.0596
15	94.4	6.7037
17	86.8235	7.3230
19	86.2105	7.9212
21	84.5714	8.5011
26	75.2308	9.8844
31	66.9677	11.1912
36	62.8333	12.4371
41	58.9756	13.6330
46	55.1739	14.7866
51	56.8235	15.9039
56	54.4286	16.9894
61	52.3279	18.0467
66	52.9091	19.0787
71	50.9577	20.0881
76	49.1842	21.0767
81	47.5556	22.0463
86	48.9070	22.9985
91	47.3407	23.9346
96	46	24.8556
101	44.6139	25.7626
106	45.3396	26.6565
111	43.9459	27.5381
116	42.7241	28.4081

121	41.8017	29.2671
126	40.6190	30.1158
136	39.4853	31.7840
146	38.0137	33.4165
156	37.1154	35.0164
166	35.6024	36.5865
176	34.4318	38.1289
186	34.0323	39.6458
196	32.9082	41.1388
206	31.8932	42.6096
216	31.6667	44.0596
226	30.7965	45.4899
236	30	46.9018
246	29.7561	48.2961
256	29.0625	49.6739
266	28.1955	51.0360
276	27.3913	52.3830
286	26.6434	53.7158
296	26.7568	55.0349
306	26.0784	56.3410
316	25.4430	57.6347
326	24.8466	58.9163
336	24.2857	60.1864

Fuente: Propia

ANEXO N° 3.2. Tabla de infiltración ajustada

Tiempo (min)	Infiltración Ajustada (cm/h)
1	37.5924
2	26.3233
4	18.4324
6	14.9642
11	10.9577
16	9.0378
21	7.8586
31	6.4327
41	5.5714
51	4.9801
61	4.5422
71	4.2011
81	3.9260
91	3.6979
101	3.5049
111	3.3389
121	3.1940
131	3.0663
141	2.9525
161	2.7579
181	2.5967
201	2.4605
231	2.2907
261	2.1513
291	2.0343
321	1.9342
361	1.8209
401	1.7251
441	1.6428
501	1.5386

Fuente: Propia

ANEXO IV – DATOS METEOROLÓGICOS Y GRÁFICOS CLIMATOLÓGICOS DE LAS ESTACIONES DE ESTUDIO

ANEXO N° 4.1. Precipitación anual estación de managua
INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA / MANAGUA Latitud: 12° 08' 36" N
Código: 69 027 Longitud: 86° 09' 49" W
Años: 1958 - 2010 Elevación: 56 msnm
Parámetro: precipitación (mm) Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1958	0.0	0.0	32.0	0.0	184.3	530.5	170.9	83.0	156.1	204.5	75.1	1.2	1437.6
1959	0.3	2.0	0.2	0.0	44.2	224.4	72.5	82.8	146.5	286.8	17.7	0.8	878.2
1960	9.1	2.1	0.2	3.8	130.5	212.4	193.2	270.8	183.6	263.3	50.1	1.0	1320.1
1961	1.1	0.3	0.0	0.0	8.4	240.9	170.1	40.3	240.2	152.4	90.5	20.6	964.8
1962	9.1	0.0	3.5	3.3	7.8	258.8	105.0	193.9	207.7	397.7	15.5	7.5	1209.8
1963	5.8	0.8	0.0	1.5	17.0	183.0	86.6	106.9	156.5	110.0	86.7	8.5	763.3
1964	1.7	0.0	0.4	32.9	136.3	422.2	207.0	154.2	91.8	340.8	27.4	5.8	1420.5
1965	4.8	0.5	0.4	0.0	130.5	129.2	85.3	97.0	130.2	153.8	35.0	9.5	776.2
1966	0.0	0.0	0.0	0.2	149.8	383.8	220.3	137.1	203.1	238.4	13.9	37.0	1383.6
1967	2.2	0.2	2.6	0.6	3.8	222.7	119.5	51.1	192.8	123.7	91.3	13.7	824.2
1968	8.3	0.0	0.0	0.7	207.2	228.3	74.6	103.4	267.9	341.1	25.9	9.2	1266.6
1969	5.6	0.0	0.0	21.7	94.3	252.0	104.2	262.7	255.7	302.7	64.1	5.5	1368.5
1970	5.9	1.4	7.2	13.0	98.0	95.6	128.2	203.5	275.9	116.9	111.3	25.1	1082.0
1971	17.1	1.5	0.0	0.2	226.1	137.3	207.5	132.4	367.3	159.6	22.8	21.6	1293.4
1972	4.9	0.2	0.0	0.0	158.2	81.6	79.8	100.0	116.1	79.7	46.0	3.2	669.7
1973	0.1	0.3	0.0	3.9	212.0	182.1	267.3	361.8	239.9	430.3	37.5	7.7	1742.9
1974	15.2	0.5	0.1	0.0	105.8	148.3	50.3	140.1	331.8	64.4	3.6	8.7	868.8
1975	17.1	0.0	0.0	0.0	207.2	241.3	137.8	198.6	324.5	182.0	56.3	0.2	1365.0
1976	0.8	0.6	3.0	0.2	21.1	156.7	57.3	152.0	69.5	265.3	14.2	3.7	744.4
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	84.0	210.2	56.7	74.0	94.9	134.9	155.8	2.2	812.7
1978	1.1	0.0	0.0	29.3	167.9	121.9	160.9	161.0	152.4	148.3	31.6	33.7	1008.1
1979	4.2	0.0	0.0	14.0	43.1	268.8	135.5	158.2	238.4	162.1	23.4	11.0	1058.7
1980	5.0	0.0	0.0	0.0	164.9	199.1	154.3	146.9	189.5	312.7	202.6	1.0	1376.0
1981	0.0	2.1	91.2	6.1	195.7	203.2	140.9	175.7	252.0	153.3	74.2	12.7	1307.1
1982	7.3	9.8	3.0	12.4	519.4	199.0	118.0	44.8	219.1	190.0	29.3	0.8	1352.9
1983	0.5	27.9	4.0	24.8	56.8	138.2	125.3	116.6	184.2	92.9	31.0	4.5	806.7
1984	1.9	0.6	0.1	0.5	63.2	230.5	221.1	149.9	296.5	132.6	54.2	0.3	1151.4
1985	0.0	0.9	0.4	14.7	307.2	127.6	110.1	163.6	114.4	379.4	37.6	4.9	1260.8
1986	0.5	3.0	0.0	0.0	213.3	85.5	107.0	148.4	122.7	58.6	32.9	2.3	774.2
1987	6.0	0.0	0.9	0.0	70.7	153.3	311.4	167.7	228.4	128.7	5.3	30.4	1102.8
1988	2.0	3.2	0.0	3.8	104.5	346.4	220.8	302.7	276.8	392.7	12.9	13.8	1679.6
1989	0.4	0.0	0.0	0.0	5.4	130.0	118.3	82.9	315.7	54.7	50.6	22.7	780.7
1990	1.2	0.9	0.0	3.7	89.7	114.1	103.9	114.9	85.3	100.9	132.3	8.6	755.5
1991	1.8	2.3	0.0	0.5	203.2	152.4	75.2	106.6	187.4	221.1	26.1	2.9	979.5
1992	0.3	0.0	0.0	0.0	86.7	159.0	119.4	62.2	143.3	114.4	4.1	16.0	705.4
1993	1.3	0.0	0.0	29.2	347.3	101.1	104.7	287.2	345.3	112.6	85.2	1.4	1415.3
1994	2.9	0.6	2.7	129.1	83.2	49.3	95.2	79.9	167.7	222.0	143.2	10.2	986.0
1995	0.0	0.0	16.0	115.6	20.6	212.3	112.3	326.1	297.4	202.6	43.9	13.4	1360.2
1996	21.3	0.0	5.3	0.0	240.8	221.6	282.3	116.6	275.9	315.6	127.1	2.1	1608.6
1997	5.8	0.5	0.4	1.3	14.1	291.7	57.5	82.3	99.3	246.2	63.3	0.0	862.4
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	50.6	117.9	100.5	119.2	229.8	836.4	91.6	19.7	1565.7
1999	4.1	56.5	6.9	37.2	45.2	141.5	195.9	168.6	348.9	192.1	56.7	0.3	1253.9
2000	2.7	0.2	0.1	4.3	72.8	118.1	103.0	63.5	452.7	121.8	12.7	5.2	957.1
2001	0.6	1.7	0.0	0.0	122.7	79.4	103.5	173.4	256.4	102.8	21.2	0.3	862.0
2002	2.3	1.4	0.0	0.5	473.7	98.4	106.3	154.9	237.0	130.8	18.6	0.8	1224.7
2003	1.1	0.0	9.1	113.7	211.4	260.7	100.0	100.6	151.6	176.6	99.0	5.8	1229.6
2004	6.9	0.2	1.2	0.0	162.7	140.3	112.2	77.1	62.1	231.7	24.6	0.2	819.2
2005	0.1	0.0	0.0	31.1	289.2	220.1	105.3	196.2	238.7	243.2	70.8	0.4	1395.1
2006	8.1	0.2	2.7	0.1	40.2	138.2	136.4	74.6	130.9	105.0	44.2	2.7	683.3
2007	0.0	0.0	0.8	25.8	251.9	108.7	140.3	292.0	219.6	300.0	61.3	11.5	1411.9
2008	2.0	0.7	2.4	3.4	226.1	126.3	276.8	125.7	213.0	455.6	7.2	0.3	1439.5
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	91.3	171.1	106.6	75.3	107.4	163.2	63.4	17.8	796.1
2010	0.0	0.0	0.0	103.7	293.2	229.7	-	-	-	-	-	-	626.6
Suma	200.5	123.1	196.8	786.8	7555.2	9996.7	7055.0	7560.9	10891.8	11148.9	2822.8	450.4	58788.9
Media	3.8	2.3	3.7	14.8	142.6	188.6	135.7	145.4	209.5	214.4	54.3	8.7	1109.2
Máximo	21.3	56.5	91.2	129.1	519.4	530.5	311.4	361.8	452.7	836.4	202.6	37.0	1742.9
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	49.3	50.3	40.3	62.1	54.7	3.6	0.0	626.6

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.2. Evaporación anual estación de managua

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA / MANAGUA Latitud: 12° 08' 36" N
Código: 69 027 Longitud: 86° 09' 49" W
Años: 1958 - 2010 Elevación: 56 msnm
Parámetro: evaporación de pana (mm) Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1958	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1961	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1962	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1968	-	-	133.6	135.9	110.9	81.9	72.4	64.6	106.7	117.9	54.6	76.8	955.3
1969	104.6	256.5	360.4	322.4	263.7	80.1	120.3	91.1	89.7	62.8	119.1	179.5	2050.2
1970	172.4	213.2	242.4	298.0	290.2	160.1	114.9	139.2	225.7	92.0	193.9	153.7	2295.7
1971	183.2	178.5	240.1	257.1	284.6	171.4	169.4	176.3	117.2	130.6	141.8	150.7	2200.9
1972	174.4	228.4	204.6	231.2	207.5	147.8	187.3	186.5	188.5	167.7	149.5	189.5	2262.9
1973	225.5	239.6	276.3	284.4	243.0	189.3	144.9	159.1	150.4	130.6	150.2	149.1	2342.4
1974	159.0	195.8	263.1	271.3	211.7	167.6	187.1	158.6	106.6	122.2	153.9	160.8	2157.7
1975	185.4	183.3	270.6	304.9	252.8	154.2	153.8	141.6	138.2	136.8	99.6	180.9	2202.1
1976	195.5	233.9	278.5	282.8	269.7	169.6	196.3	186.6	192.4	154.6	171.8	223.5	2555.2
1977	258.2	263.9	311.5	287.3	210.1	152.1	194.2	197.2	177.1	173.7	176.5	189.5	2591.3
1978	233.4	245.0	296.4	274.0	244.9	165.6	156.9	171.9	164.7	161.7	170.1	182.4	2467.0
1979	230.4	251.4	281.2	246.1	238.2	-	96.5	156.3	123.5	124.5	148.2	154.7	2051.0
1980	198.9	224.0	296.8	292.9	229.2	163.9	166.7	172.0	160.0	127.6	135.4	169.1	2336.5
1981	225.4	236.6	286.9	277.7	202.3	164.6	202.0	170.8	182.1	165.0	181.1	189.9	2484.4
1982	223.4	226.2	316.5	309.9	237.8	197.5	188.6	211.1	181.6	169.0	184.2	205.2	2651.0
1983	237.1	247.9	301.2	281.3	290.5	178.2	163.8	177.1	155.6	177.1	167.4	204.1	2581.3
1984	245.1	237.0	297.7	305.8	285.1	208.6	162.9	175.3	134.0	163.8	152.8	207.8	2575.9
1985	248.4	253.6	310.2	297.3	242.6	171.1	170.2	191.9	159.8	148.1	-	152.2	2345.4
1986	193.3	205.4	298.1	316.5	240.3	138.7	153.5	163.8	142.2	160.4	160.1	198.0	2370.3
1987	228.9	250.5	273.8	306.5	235.7	183.7	136.7	166.0	163.1	173.8	174.9	149.4	2443.0
1988	182.2	227.1	299.4	257.2	-	167.5	121.1	-	130.4	181.3	133.7	133.5	1833.4
1989	-	16.7	269.5	41.3	243.2	196.1	124.6	130.3	105.5	148.3	108.9	147.8	1532.2
1990	183.9	158.6	233.4	264.6	146.9	151.2	133.9	164.3	152.4	141.2	133.0	134.4	1997.8
1991	172.3	226.3	268.9	252.9	223.5	160.5	149.7	134.8	156.8	155.2	137.4	158.7	2197.0
1992	174.9	198.6	269.6	268.6	252.4	163.9	125.0	134.8	119.7	115.2	129.7	132.3	2084.7
1993	180.2	200.2	263.3	239.7	165.8	125.5	134.3	128.0	110.3	143.1	131.6	168.0	1990.0
1994	169.6	195.2	256.9	239.3	191.6	147.9	153.6	156.4	128.7	143.6	118.2	159.8	2060.8
1995	188.0	206.1	241.5	221.5	201.1	145.3	156.3	146.0	136.1	132.2	123.1	130.5	2027.7
1996	158.1	191.7	246.6	263.9	167.9	142.5	142.8	148.1	141.5	131.3	108.3	149.9	1992.6
1997	154.2	171.5	227.9	226.1	255.6	131.4	163.6	159.5	152.6	138.1	117.9	156.7	2055.1
1998	191.6	189.7	254.6	277.3	204.9	158.7	161.2	161.6	128.9	98.2	106.6	132.9	2066.2
1999	147.5	138.9	185.8	228.4	173.1	156.4	145.3	143.1	120.9	117.7	121.5	147.1	1825.7
2000	151.0	202.9	270.7	333.1	255.5	174.1	186.2	199.2	153.7	166.3	171.8	215.4	2479.9
2001	252.4	248.7	350.3	348.7	282.3	180.2	187.6	181.0	164.6	173.6	184.8	204.2	2758.4
2002	249.2	259.8	357.6	337.9	249.9	184.5	169.3	199.6	180.2	186.1	175.4	199.4	2748.9
2003	242.7	268.3	307.6	292.0	233.7	176.4	173.5	186.0	205.0	168.9	170.1	211.4	2635.6
2004	239.5	278.7	315.8	328.2	231.9	183.8	190.2	192.1	174.9	180.0	175.9	223.8	2714.8
2005	255.5	293.3	324.6	306.3	229.5	148.0	192.6	184.8	160.1	124.3	176.0	201.5	2596.5
2006	219.8	234.6	319.7	327.8	270.6	188.8	199.0	201.4	203.4	164.2	173.9	196.8	2700.0
2007	252.0	268.7	344.2	283.4	240.9	188.9	173.0	169.4	159.7	138.2	164.3	195.6	2578.3
2008	226.3	250.1	324.6	330.0	280.1	177.9	175.1	180.7	146.9	145.1	160.3	196.9	2594.0
2009	230.6	261.2	353.1	350.7	289.3	185.4	178.6	203.9	220.0	189.0	176.3	195.9	2834.0
2010	258.7	275.9	356.7	296.0	191.7	160.6	-	-	-	-	-	-	1539.6
Suma	8402.7	9333.5	12182.2	11898.2	9772.2	6841.5	6674.9	6762.0	6411.4	6141.0	6083.8	7259.3	97762.7
Media	204.9	222.2	283.3	276.7	232.7	162.9	158.9	164.9	152.7	146.2	148.4	172.8	2273.6

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.3. Temperatura media anual estación de managua

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA / MANAGUA Latitud: 12° 08' 36" N
Código: 69 027 Longitud: 86° 09' 49" W
Años: 1959 - 2010 Elevación: 56 msnm
Parámetro: temperatura media (°C) Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1959	26.8	27.5	29.0	30.1	30.1	27.6	27.3	27.2	27.2	27.1	26.9	26.7	27.8
1960	27.0	28.0	28.9	29.5	29.7	27.3	27.1	26.8	27.2	26.2	26.6	25.9	27.5
1961	26.3	27.2	28.2	29.5	29.9	27.1	26.6	27.0	26.3	26.6	26.0	26.0	27.2
1962	26.0	26.7	28.2	29.4	29.3	27.1	26.8	26.9	25.5	26.3	25.8	25.8	27.0
1963	25.8	26.8	28.0	28.6	29.4	26.7	25.3	26.2	25.5	25.7	24.6	25.0	26.5
1964	25.5	26.7	28.0	28.1	27.3	24.8	24.6	25.5	26.0	25.3	25.8	25.0	26.0
1965	25.3	27.0	27.4	27.9	29.0	26.9	26.9	26.9	26.7	26.1	26.3	25.7	26.8
1966	26.5	26.6	27.0	28.8	27.1	26.1	26.4	26.4	26.0	26.1	24.6	25.1	26.4
1967	25.6	25.9	26.5	27.9	28.7	26.4	25.7	26.3	27.1	26.5	25.9	25.3	26.5
1968	25.3	25.7	26.8	27.9	27.5	26.0	26.6	26.3	26.1	25.9	25.7	25.6	26.3
1969	26.3	26.6	29.3	29.5	29.6	26.0	26.4	25.9	25.8	25.1	25.4	25.3	26.8
1970	25.3	26.2	27.5	28.4	28.1	27.2	26.2	26.1	25.6	26.1	25.0	25.0	26.4
1971	25.2	26.2	27.0	27.6	28.2	25.9	25.4	26.0	25.0	25.4	25.2	24.4	25.9
1972	25.0	26.0	27.4	28.7	27.9	27.1	27.4	26.7	26.9	26.7	26.4	26.7	26.9
1973	26.7	26.9	28.8	29.3	28.0	26.5	25.9	25.9	25.5	25.1	25.3	23.8	26.5
1974	24.8	25.3	27.0	27.6	27.5	26.1	25.9	25.9	25.1	25.3	25.4	25.2	25.9
1975	25.3	25.9	27.6	28.3	28.8	26.7	25.8	25.6	25.4	25.5	25.1	23.8	26.1
1976	24.5	25.4	26.5	28.2	28.3	26.6	26.7	26.3	27.1	26.1	25.8	25.8	26.4
1977	25.7	27.0	28.1	29.0	28.0	26.3	26.8	27.0	27.0	26.6	26.4	26.1	27.0
1978	25.8	26.8	28.4	29.1	28.4	26.3	26.0	26.3	26.0	25.9	26.0	25.4	26.7
1979	25.7	27.1	27.9	28.3	29.0	26.4	26.3	26.2	25.8	26.0	25.8	25.5	26.7
1980	25.9	26.1	27.7	29.3	28.9	27.1	26.6	26.5	26.2	25.7	25.7	24.9	26.7
1981	24.9	26.5	28.0	28.2	27.4	26.2	26.5	26.4	26.3	26.1	25.7	25.5	26.5
1982	26.1	26.7	27.5	28.5	27.8	26.9	26.4	27.0	26.3	25.9	25.8	25.9	26.7
1983	26.4	27.3	28.3	29.4	30.3	28.0	27.1	26.9	26.1	26.2	26.2	26.1	27.4
1984	25.7	27.0	28.0	29.3	28.7	26.8	25.9	26.1	25.3	25.8	24.9	25.5	26.6
1985	25.1	26.2	27.3	28.1	28.3	26.6	25.9	26.0	26.3	25.9	25.5	25.4	26.4
1986	25.3	26.2	27.2	28.8	28.5	26.4	26.1	26.7	26.4	26.6	26.5	26.7	26.8
1987	26.5	27.6	29.1	29.7	29.5	28.5	26.4	27.0	27.3	27.2	27.3	27.6	27.8
1988	26.7	27.4	28.4	29.7	-	27.1	26.1	26.0	26.0	26.2	26.5	25.6	26.9
1989	-	25.9	26.8	28.5	28.8	27.1	26.7	26.7	26.1	26.5	26.6	25.5	26.8
1990	26.1	26.3	27.7	29.1	28.3	27.3	26.9	27.2	27.0	26.8	26.3	25.9	27.1
1991	26.3	27.0	28.4	29.4	28.6	27.8	27.2	27.0	27.4	26.5	26.3	26.1	27.3
1992	26.2	27.3	28.3	29.8	29.5	28.1	26.3	26.8	26.8	26.7	26.9	26.6	27.4
1993	26.5	27.3	28.3	29.5	28.0	27.3	26.9	26.4	25.9	26.7	26.4	26.1	27.1
1994	25.8	26.8	27.9	28.7	28.4	27.4	27.2	27.2	26.8	26.8	26.1	26.2	27.1
1995	26.3	27.1	28.3	29.0	29.0	27.4	27.1	27.1	26.5	26.6	26.4	26.2	27.3
1996	25.7	26.8	27.5	29.4	27.8	27.2	26.7	26.7	26.6	26.4	25.9	25.7	26.9
1997	25.7	26.8	27.6	28.7	29.9	26.7	27.7	27.7	27.7	27.0	26.8	26.5	27.4
1998	27.5	27.9	29.5	30.3	30.0	28.2	27.5	27.7	27.0	26.1	26.2	26.2	27.8
1999	26.2	26.3	27.0	28.7	28.0	27.4	26.6	26.8	26.2	25.9	25.8	25.6	26.7
2000	25.5	26.5	27.3	28.7	28.3	27.4	27.0	27.5	26.4	26.3	26.6	26.4	27.0
2001	26.2	26.6	27.7	29.2	29.2	27.3	26.9	27.5	26.6	27.0	26.4	27.2	27.3
2002	26.9	27.1	28.3	29.1	28.5	27.5	27.0	27.4	27.1	26.7	26.3	26.7	27.4
2003	26.9	28.0	28.5	29.6	28.8	26.8	26.9	27.0	27.3	26.9	26.8	26.3	27.5
2004	26.3	27.1	28.3	29.4	28.3	27.2	26.7	27.3	27.1	27.0	26.5	26.5	27.3
2005	26.6	27.0	29.5	30.1	28.5	27.0	27.4	27.1	26.7	26.0	26.3	26.4	27.4
2006	26.4	26.7	27.9	29.4	29.2	27.6	27.5	28.0	27.7	26.6	26.4	27.2	27.5
2007	27.1	27.8	29.1	29.6	28.8	27.8	27.1	27.0	26.6	26.2	26.4	26.2	27.5
2008	26.4	27.0	28.1	29.3	28.6	26.9	26.7	27.0	26.9	26.3	26.4	26.4	27.2
2009	26.6	27.0	27.8	29.3	29.0	27.5	27.3	27.4	28.1	27.4	26.8	27.1	27.6
2010	27.0	28.5	29.0	29.7	28.0	27.3	-	-	-	-	-	-	28.2
Suma	1326.9	1393.1	1454.1	1507.1	1460.8	1403.0	1356.0	1362.4	1349.7	1339.5	1328.7	1319.0	1401.9
Media	26.0	26.8	28.0	29.0	28.6	27.0	26.6	26.7	26.5	26.3	26.1	25.9	27.0
Máximo	27.5	28.5	29.5	30.3	30.3	28.5	27.7	28.0	28.1	27.4	27.3	27.6	334.1
Mínimo	24.5	25.3	26.5	27.6	27.1	24.8	24.6	25.5	25.0	25.1	24.6	23.8	169.5

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.4. Precipitación anual estación de granada

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - INA GRANADA / INA GRANADA Latitud: 11° 55' 00" N
Código: 69 030 Longitud: 85° 58' 00" W
Años: 1958 - 2005 Elevación: 50 msnm
Parámetro: precipitación (mm) Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1958	-	-	-	-	-	262.0	159.9	88.9	189.4	274.9	66.0	6.0	1047.1
1959	0.0	0.0	0.0	0.0	20.6	287.8	80.9	160.4	170.7	357.5	116.4	3.5	1197.8
1960	7.6	2.4	1.2	103.8	139.1	317.5	184.7	214.5	359.1	406.2	77.1	1.8	1815.0
1961	2.5	0.0	0.0	0.0	2.7	180.4	235.2	95.4	331.4	182.9	67.9	9.3	1107.7
1962	9.2	0.0	0.0	1.2	43.5	387.8	157.0	134.4	338.0	337.9	114.0	0.0	1523.0
1963	11.2	0.0	3.1	23.0	10.1	328.1	176.3	55.7	121.8	120.1	73.4	0.8	923.6
1964	0.0	0.0	0.0	59.4	94.2	179.2	317.1	197.8	273.6	302.3	-	0.0	1423.6
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	89.6	423.5	126.7	66.4	266.3	286.1	9.4	0.0	1268.0
1966	1.0	2.6	0.0	4.2	270.2	160.2	132.0	193.9	467.9	295.4	0.0	0.0	1527.4
1967	7.6	1.3	0.6	1.3	38.1	178.9	125.8	103.2	180.6	171.9	132.3	26.1	967.7
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	209.9	401.3	113.0	157.4	454.7	-	50.0	1.1	1387.4
1969	5.5	0.0	0.0	13.4	205.8	422.7	150.1	-	-	-	-	-	797.5
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	0.0	0.5	0.0	0.0	129.4	73.6	125.2	483.8	197.3	388.9	92.4	5.7	1496.8
1974	3.6	0.0	0.0	0.0	66.1	265.6	112.9	67.3	311.2	166.8	14.7	59.0	1067.2
1975	8.5	0.0	0.0	0.0	45.2	60.3	49.0	243.1	521.6	347.4	117.5	2.6	1395.2
1976	3.3	1.3	0.4	21.1	119.4	359.0	74.9	145.3	112.2	226.6	15.3	8.5	1087.3
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	220.7	190.6	60.4	122.8	207.9	78.1	85.8	12.4	978.7
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	112.6	150.0	292.6	348.7	478.2	297.8	48.1	3.4	1731.4
1979	0.0	0.0	0.0	41.7	88.5	180.4	319.8	-	305.4	469.6	104.3	0.0	1509.7
1980	0.0	0.0	0.0	121.7	245.1	309.5	73.8	103.0	110.8	333.0	321.7	0.0	1618.6
1981	0.0	0.0	24.8	0.0	373.1	389.0	128.0	137.7	142.3	337.2	17.0	0.0	1549.1
1982	12.9	0.0	0.0	0.0	566.1	220.1	157.4	100.5	75.6	112.3	49.0	6.1	1300.0
1983	0.0	0.0	1.7	3.5	0.0	136.0	186.2	195.6	235.2	343.4	23.7	35.6	1160.9
1984	0.0	0.0	0.0	18.5	58.7	273.6	198.7	213.9	321.9	-	-	-	1085.3
1985	0.0	0.0	0.0	5.7	75.0	77.7	127.8	211.1	-	-	-	-	497.3
1986	1.6	8.1	-	-	-	-	64.7	138.6	140.2	162.5	58.9	13.8	588.4
1987	2.3	0.0	0.0	0.0	283.6	205.7	230.7	177.2	323.0	237.2	16.9	8.2	1484.8
1988	9.6	0.0	0.0	0.0	204.8	399.5	236.6	419.6	209.5	471.5	84.4	12.8	2048.3
1989	5.0	9.8	0.0	0.0	77.4	177.8	158.8	233.7	366.7	83.4	66.8	38.4	1217.8
1990	5.4	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.4
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71.3	28.3	12.3	111.9
1993	7.3	0.0	0.0	39.2	507.3	204.2	58.7	241.8	306.8	167.7	86.6	3.1	1622.7
1994	1.0	4.1	0.0	43.7	121.9	126.8	92.1	83.3	208.9	477.6	134.7	11.1	1305.2
1995	0.0	0.0	13.3	84.1	77.2	293.9	150.7	380.8	259.5	219.9	70.9	35.9	1586.2
1996	14.7	9.7	0.5	0.0	226.2	152.0	327.0	249.5	364.4	223.3	131.3	3.1	1701.7
1997	9.4	0.0	0.0	9.2	58.8	263.8	49.2	144.8	204.8	334.2	64.6	8.6	1147.4
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	110.6	151.6	135.4	196.2	250.3	709.1	128.8	0.0	1682.0
1999	4.4	7.2	10.5	24.1	330.9	168.0	-	-	-	-	-	-	545.1
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	133.6	47.0	56.1	618.8	5222.4	8358.1	5369.3	6106.3	8807.2	8994.0	2468.2	329.2	46510.2
Media	3.7	1.3	1.7	18.2	153.6	238.8	153.4	185.0	266.9	281.1	77.1	10.0	1224.0
Máximo	14.7	9.8	24.8	121.7	566.1	423.5	327.0	483.8	521.6	709.1	321.7	59.0	2048.3
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.3	49.0	55.7	75.6	71.3	0.0	0.0	0.0

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.5. Temperatura media anual estación de granada

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - INA GRANADA / INA GRANADA Latitud: 11° 55' 00" N
Código: 69 030 Longitud: 85° 58' 00" W
Años: 1958 - 2005 Elevación: 50 msnm
Parámetro: temperatura media (°C) Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1958	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1961	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1962	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986	26.8	27.5	-	-	-	-	26.7	28.1	28.0	27.8	28.1	27.8	27.6
1987	27.7	28.8	30.0	30.1	30.4	29.1	27.4	27.9	28.1	27.8	28.6	28.4	28.7
1988	27.7	28.4	29.1	30.1	29.8	27.9	27.1	26.9	26.7	27.4	27.8	26.9	28.0
1989	26.9	26.6	27.8	29.2	29.3	27.6	27.5	27.4	26.8	27.4	27.6	27.2	27.6
1990	27.1	27.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.1	27.8	27.4	27.7
1993	27.8	28.3	29.0	30.2	28.9	28.3	28.3	27.7	26.7	-	-	-	28.4
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	27.2	28.0	28.4	30.2	28.9	28.5	27.9	28.1	28.2	28.1	27.4	27.6	28.2
1997	26.7	28.0	28.6	29.6	30.6	28.2	29.1	29.3	29.1	28.5	28.3	28.2	28.7
1998	28.9	28.1	30.4	31.2	30.8	29.2	28.8	29.1	28.2	27.8	28.5	28.1	29.1
1999	28.1	28.2	29.0	30.2	29.5	28.4	-	-	-	-	-	-	28.9
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	275.0	279.8	232.2	240.8	238.3	227.2	222.8	224.5	221.7	222.8	224.0	221.5	310.3
Media	27.5	28.0	29.0	30.1	29.8	28.4	27.9	28.1	27.7	27.9	28.0	27.7	28.2
Máximo	28.9	28.8	30.4	31.2	30.8	29.2	29.1	29.3	29.1	28.5	28.6	28.4	349.0
Mínimo	26.7	26.6	27.8	29.2	28.9	27.6	26.7	26.9	26.7	27.4	27.4	26.9	0.0

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.6. Precipitación media anual estación de masaya

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION) Latitud: 11° 58' 48" N
Código: 69 115 Longitud: 86° 06' 18" W
Años: 1977 - 2010 Elevación: 210 msnm
Parámetro: precipitación (mm) Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	193.2	167.9	59.5	3.1	423.7
1978	0.2	0.0	0.5	10.7	167.4	155.4	212.1	162.1	166.2	216.8	9.1	13.0	1113.5
1979	11.0	0.0	3.1	14.1	117.0	251.1	-	279.0	337.4	363.0	86.2	32.2	1494.1
1980	8.7	1.0	3.6	0.0	175.5	179.5	143.5	196.4	261.1	165.2	253.9	-	1388.4
1981	0.5	1.5	27.9	4.7	326.9	266.4	111.9	293.0	263.9	371.0	24.7	6.6	1699.0
1982	32.0	10.1	1.0	34.1	535.8	232.2	135.0	87.7	300.8	142.8	15.7	3.8	1531.0
1983	1.5	3.3	6.0	8.1	21.7	182.9	231.5	187.1	206.5	269.6	75.0	11.0	1204.2
1984	4.3	1.5	3.7	3.8	40.8	280.4	275.8	170.6	427.0	113.7	12.6	9.9	1344.1
1985	5.9	3.7	0.2	7.9	151.8	112.1	130.8	156.0	100.6	380.9	76.1	16.3	1142.3
1986	1.0	10.5	0.0	0.0	164.2	170.8	92.2	129.1	106.9	165.5	59.4	12.9	912.5
1987	1.6	0.0	1.5	0.0	132.6	188.3	359.5	223.5	229.4	265.1	24.3	31.3	1457.1
1988	7.9	4.2	0.0	0.6	131.3	411.7	165.2	416.0	316.1	433.7	50.6	25.5	1962.8
1989	10.8	10.7	1.6	0.0	138.8	126.4	188.0	171.6	316.9	123.5	112.9	58.9	1260.1
1990	6.0	3.9	1.5	10.9	266.4	136.5	180.1	115.6	176.0	175.6	92.4	33.2	1198.1
1991	1.2	0.0	0.0	0.0	223.4	379.2	64.6	134.1	214.4	119.3	71.9	21.7	1229.8
1992	1.4	0.0	0.8	0.1	84.6	251.6	155.6	49.7	202.7	134.3	8.0	15.2	904.0
1993	49.8	0.0	0.0	26.0	364.1	184.2	68.3	260.0	306.7	103.0	52.8	2.5	1417.4
1994	1.4	7.2	5.6	75.7	94.8	99.5	54.3	100.5	126.4	376.8	187.7	2.3	1132.2
1995	1.4	0.0	29.3	125.5	58.3	347.8	106.8	330.4	255.3	314.2	44.7	22.8	1636.5
1996	35.0	0.0	24.2	0.7	230.4	212.8	245.9	155.4	344.1	303.7	201.0	3.0	1756.2
1997	19.3	1.2	10.3	55.1	71.4	267.8	52.4	88.2	171.8	297.9	77.5	4.9	1117.8
1998	0.0	0.1	0.0	0.0	97.0	91.9	149.0	180.5	372.8	611.4	101.3	10.0	1614.0
1999	15.7	14.5	2.5	11.9	131.5	193.3	219.6	167.7	374.8	200.3	66.2	10.4	1408.4
2000	27.5	2.3	1.8	15.8	80.7	228.8	82.3	118.4	487.4	97.1	-	-	1142.1
2001	2.3	5.9	0.0	0.3	174.2	142.2	139.0	242.9	328.5	216.3	63.7	4.2	1319.5
2002	5.3	1.3	1.6	6.7	375.8	213.5	130.8	59.8	178.0	128.3	51.7	0.9	1153.7
2003	0.2	0.9	38.3	3.2	319.1	501.0	168.6	118.8	143.9	270.7	82.6	10.6	1657.9
2004	9.7	1.8	6.5	6.8	235.2	125.3	194.4	109.1	215.1	218.4	44.4	4.1	1170.8
2005	0.0	0.4	28.7	53.4	318.1	394.6	206.5	187.0	315.7	260.8	39.5	7.1	1811.8
2006	19.7	3.0	4.6	13.2	241.4	129.0	124.7	67.4	137.7	171.4	80.4	4.2	996.7
2007	0.5	1.7	0.0	4.3	200.1	113.6	85.7	393.0	218.6	314.4	113.9	29.2	1475.0
2008	6.4	0.3	0.5	6.2	363.9	118.5	290.9	388.6	332.8	406.6	34.4	11.1	1960.2
2009	1.1	0.4	0.0	1.9	265.8	266.1	136.5	161.0	144.9	287.2	23.8	14.3	1303.0
2010	1.5	0.1	0.0	35.2	231.3	324.0	321.1	-	-	-	-	-	913.2
Suma	290.8	91.5	205.3	536.9	6531.3	7278.4	5222.6	5900.2	8273.6	8186.4	2297.9	436.2	45251.1
Media	8.8	2.8	6.2	16.3	197.9	220.6	163.2	184.4	250.7	248.1	71.8	14.1	1330.9
Máximo	49.8	14.5	38.3	125.5	535.8	501.0	359.5	416.0	487.4	611.4	253.9	58.9	1962.8
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	21.7	91.9	52.4	49.7	100.6	97.1	8.0	0.9	423.7

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.7. Evaporación media anual estación de masaya
INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1977 - 2010

Elevación: 210 msnm

Parámetro: evaporación de pana (mm)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	149.0	143.8	149.0	168.6	610.4
1978	180.6	211.3	253.5	252.9	203.3	150.1	144.7	130.4	151.9	140.1	137.5	142.9	2099.2
1979	178.9	213.0	237.5	200.0	210.3	110.6	-	161.0	110.7	112.8	115.9	140.9	1791.6
1980	157.5	199.8	236.4	243.6	176.4	147.5	155.8	128.7	133.1	108.4	126.2	-	1813.4
1981	185.0	190.9	213.3	220.8	145.2	106.6	149.0	132.9	137.2	121.0	123.8	135.1	1860.8
1982	154.7	171.5	249.2	232.1	163.8	141.9	143.4	163.8	131.4	131.4	147.1	160.8	1991.1
1983	179.9	175.4	231.3	231.1	265.2	169.9	160.6	169.3	134.7	150.4	128.1	105.7	2101.6
1984	164.4	181.7	239.7	235.7	222.9	-	-	-	-	136.4	128.9	151.7	1461.4
1985	173.5	204.6	257.8	243.3	202.5	154.0	162.0	154.6	146.2	135.7	116.9	129.5	2080.6
1986	178.8	182.3	255.4	262.5	210.9	123.2	129.1	174.6	132.9	149.1	132.9	149.6	2081.3
1987	188.5	196.1	236.1	253.2	214.1	179.3	136.7	154.3	158.5	161.9	159.8	159.2	2197.7
1988	171.3	209.5	262.5	245.3	202.1	167.4	133.8	131.9	119.3	136.8	139.0	141.5	2060.4
1989	167.2	191.2	229.8	261.1	217.2	147.1	-	-	-	-	-	-	1213.6
1990	165.7	166.8	230.8	243.4	192.8	133.1	151.4	187.0	155.9	133.8	117.9	145.7	2024.3
1991	-	-	-	-	-	152.6	139.8	145.9	129.3	122.6	128.1	-	818.3
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	2246.0	2494.1	3133.3	3125.0	2626.7	1883.3	1606.3	1834.4	1790.1	1884.2	1851.1	1731.2	26205.7
Media	172.8	191.9	241.0	240.4	202.1	144.9	146.0	152.9	137.7	134.6	132.2	144.3	1747.0
Máximo	188.5	213.0	262.5	262.5	265.2	179.3	162.0	187.0	158.5	161.9	159.8	168.6	2197.7
Mínimo	154.7	166.8	213.3	200.0	145.2	106.6	129.1	128.7	110.7	108.4	115.9	105.7	0.0

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.8. Temperatura media anual estación de masaya

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Código: 69 115

Años: 1977 - 2010

Parámetro: temperatura media (°C)

Latitud: 11° 58' 48" N

Longitud: 86° 06' 18" W

Elevación: 210 msnm

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	26.6	26.8	26.5	26.2	26.5
1978	25.7	26.7	28.1	29.1	28.3	26.0	26.1	26.5	26.2	26.4	26.6	25.7	26.8
1979	25.9	27.0	27.8	28.4	28.9	26.3	-	26.5	26.0	26.0	25.9	25.5	26.7
1980	25.8	26.1	27.8	29.4	29.4	27.5	26.8	26.6	26.3	26.0	25.8	-	27.0
1981	24.9	26.1	28.0	28.5	27.4	26.4	26.8	26.6	26.6	26.6	26.2	25.8	26.7
1982	26.2	26.9	28.1	29.0	28.2	27.3	26.2	26.9	26.4	26.1	26.3	26.0	27.0
1983	26.5	27.6	28.9	30.1	30.8	28.4	26.9	26.8	26.3	26.4	26.3	25.6	27.5
1984	25.4	26.8	28.2	29.8	29.3	27.1	25.9	26.2	25.6	26.0	25.6	25.3	26.8
1985	24.9	26.3	27.8	29.0	28.9	27.1	26.2	26.6	26.9	26.1	25.4	25.2	26.7
1986	25.4	26.7	27.7	29.4	28.9	26.4	26.3	27.3	26.8	26.6	26.4	26.1	27.0
1987	26.2	27.7	29.5	30.0	29.9	28.5	26.4	27.0	27.6	27.1	27.5	26.9	27.8
1988	26.2	27.1	28.4	29.8	29.2	27.2	26.2	26.2	26.0	26.4	25.6	25.6	27.0
1989	25.8	25.7	26.9	28.9	28.7	26.9	25.6	25.4	25.2	25.2	-	24.3	26.2
1990	24.8	24.9	26.1	27.5	26.9	25.8	25.5	25.7	25.6	25.5	25.0	24.6	25.7
1991	25.1	25.6	26.9	27.8	27.3	26.6	25.8	25.9	25.8	25.1	24.9	24.7	26.0
1992	25.0	25.8	26.6	28.3	28.1	26.8	24.8	25.2	25.2	25.6	25.7	25.1	26.0
1993	25.3	26.4	27.4	28.5	27.3	26.7	26.3	26.0	25.6	25.9	25.6	25.2	26.3
1994	25.1	25.7	26.9	27.6	27.4	26.0	26.2	26.3	25.9	25.6	24.9	25.3	26.1
1995	25.1	25.8	26.9	27.9	27.5	26.2	25.9	26.1	25.5	25.5	25.2	25.2	26.1
1996	24.7	25.6	26.4	28.3	26.6	26.4	25.6	25.6	25.9	25.5	24.9	24.6	25.9
1997	24.4	25.5	26.2	27.4	28.6	25.9	26.8	26.9	27.0	26.1	25.7	25.3	26.3
1998	26.1	27.0	28.1	29.2	28.8	27.1	26.9	26.4	25.8	25.8	25.4	25.6	26.8
1999	25.1	25.4	26.6	28.4	27.5	26.6	25.8	26.1	25.3	25.1	25.4	24.9	26.0
2000	24.7	25.2	26.8	28.5	28.2	27.3	26.7	27.2	26.2	24.8	-	-	26.5
2001	25.6	25.9	27.2	28.4	28.5	27.0	26.5	27.0	25.7	26.3	25.4	25.9	26.6
2002	25.4	25.9	27.3	28.2	27.7	27.0	26.5	27.0	26.6	26.0	25.7	26.2	26.6
2003	26.1	27.5	27.8	29.0	27.6	25.6	25.7	25.7	26.3	26.0	25.7	25.2	26.5
2004	25.2	26.0	26.9	28.1	27.1	26.5	26.0	26.7	26.2	26.3	25.8	25.3	26.3
2005	25.3	26.0	28.5	29.1	27.3	26.3	26.8	26.5	25.7	25.0	25.5	25.5	26.4
2006	25.6	25.3	27.3	28.5	28.0	27.1	26.9	27.5	27.3	26.7	25.6	25.8	26.8
2007	25.8	26.3	27.6	28.2	27.8	26.6	25.7	25.9	25.3	24.9	24.9	24.4	26.1
2008	24.7	25.5	26.8	28.1	27.7	25.9	25.5	25.7	25.5	25.4	24.7	24.7	25.8
2009	25.0	25.4	26.3	28.0	27.8	26.6	25.8	25.9	26.7	26.1	25.6	25.8	26.2
2010	25.6	27.2	27.9	28.7	27.3	26.2	25.8	-	-	-	-	-	27.0
Suma	838.4	864.6	905.6	945.2	928.7	881.1	837.0	844.1	861.5	855.0	795.7	787.3	902.0
Media	25.4	26.2	27.4	28.6	28.1	26.7	26.2	26.4	26.1	25.9	25.7	25.4	26.5
Máximo	26.5	27.7	29.5	30.1	30.8	28.5	26.9	27.5	27.6	27.1	27.5	26.9	334.0
Mínimo	24.4	24.9	26.1	27.4	26.6	25.6	24.8	25.2	25.2	24.8	24.7	24.3	106.2

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.9. Viento medio anual estación de masaya

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION) Latitud: 11° 58' 48" N
Código: 69 115 Longitud: 86° 06' 18" W
Años: 1977 - 2010 Elevación: 210 msnm
Parámetro: viento medio 10m (m/seg) Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	1.0	0.6	0.8	0.6	0.4	0.5	0.5	0.8	0.6
1984	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	-	-	-	-	0.3	0.3	1.0	0.8
1985	1.0	1.4	1.4	1.1	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.8	0.8
1986	1.1	0.8	1.2	1.1	0.9	0.7	0.8	0.8	0.5	0.4	0.6	0.8	0.8
1987	1.0	1.0	0.8	1.1	0.9	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.7	0.9	0.8
1988	1.1	1.4	1.4	0.9	0.8	0.8	0.6	0.4	0.4	0.5	0.6	0.9	0.8
1989	1.3	1.5	1.1	2.0	1.5	1.1	1.3	1.2	0.9	1.4	-	1.6	1.3
1990	2.5	2.1	2.4	0.1	1.8	1.8	2.1	2.6	2.2	1.4	1.9	2.2	1.9
1991	2.3	2.5	2.0	1.9	1.6	1.3	1.6	1.4	1.3	1.1	1.4	1.8	1.7
1992	1.8	1.7	1.9	1.7	1.5	1.2	1.5	1.7	1.3	1.7	1.9	2.8	1.7
1993	2.1	2.3	2.0	1.7	1.3	1.6	1.9	1.8	1.6	1.6	1.8	2.5	1.8
1994	3.0	3.0	2.4	2.5	1.9	1.9	2.6	1.9	1.7	1.3	1.6	2.8	2.2
1995	3.0	3.2	2.6	2.1	1.9	1.8	2.3	1.6	1.6	1.9	2.9	3.1	2.3
1996	3.0	3.9	2.9	2.6	2.4	2.2	2.1	2.0	1.7	1.9	2.2	2.9	2.5
1997	2.4	3.0	2.9	2.2	2.8	2.0	3.0	2.9	2.3	2.2	2.2	2.5	2.5
1998	2.6	2.1	2.4	2.5	1.9	2.1	1.9	1.7	1.6	1.8	1.8	2.5	2.1
1999	2.7	2.8	2.8	3.0	2.1	2.1	2.8	2.3	2.2	2.2	2.5	3.2	2.6
2000	3.6	3.5	3.3	3.4	2.7	2.7	2.8	2.7	2.4	2.2	-	-	2.9
2001	2.4	3.4	2.5	3.0	2.7	2.6	2.6	2.8	2.2	2.2	2.4	2.2	2.6
2002	2.5	2.8	2.8	2.9	2.6	1.8	2.1	2.6	1.8	1.7	2.1	2.7	2.4
2003	2.8	2.7	2.6	2.6	2.2	1.5	1.9	1.7	1.2	1.4	1.7	2.2	2.0
2004	2.5	2.8	3.1	2.7	2.0	2.1	2.0	3.1	2.5	2.4	2.8	3.3	2.6
2005	3.8	3.5	2.7	2.6	2.2	1.7	2.5	2.4	2.4	2.1	2.1	2.6	2.5
2006	3.2	3.5	3.4	3.0	2.6	2.5	2.7	2.6	2.6	2.2	2.4	2.8	2.8
2007	4.2	3.4	3.7	3.2	2.7	2.5	2.5	2.5	2.5	2.1	2.9	3.1	2.9
2008	3.6	3.7	4.2	3.6	3.1	2.7	2.8	2.5	2.4	2.3	2.8	3.7	3.1
2009	3.6	4.3	3.7	3.0	2.2	1.7	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.6
2010	2.7	2.5	2.5	2.2	2.0	1.6	1.6	-	-	-	-	-	2.2
Suma	66.7	69.5	65.6	59.8	53.1	45.8	52.0	49.1	42.9	41.6	44.5	58.1	56.0
Media	2.5	2.6	2.4	2.2	1.9	1.7	1.9	1.9	1.7	1.5	1.8	2.2	2.0
Máximo	4.2	4.3	4.2	3.6	3.1	2.7	3.0	3.1	2.6	2.4	2.9	3.7	37.1
Mínimo	1.0	0.8	0.8	0.1	0.8	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.8	0.0

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.10. Humedad relativa anual estación de masaya

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - MASAYA (L. OXIDACION) / MASAYA (L. OXIDACION)

Latitud: 11° 58' 48" N

Código: 69 115

Longitud: 86° 06' 18" W

Años: 1977 - 2010

Elevación: 210 msnm

Parámetro: humedad relativa (%)

Tipo: PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	84.0	83.8	79.4	76.4	80.9
1978	71.5	67.6	63.7	62.2	74.5	86.1	85.2	86.0	86.0	87.0	83.7	79.3	77.7
1979	76.4	74.2	72.9	75.4	73.6	85.4	-	85.2	87.6	87.8	85.8	81.2	80.5
1980	83.2	72.5	69.6	66.6	75.4	86.0	85.9	88.0	88.4	87.4	85.3	-	80.7
1981	70.9	71.6	71.2	72.3	84.4	88.6	84.5	84.3	84.2	86.4	81.3	80.1	80.0
1982	78.0	76.0	69.7	69.2	77.7	82.9	83.4	82.1	82.8	81.8	78.5	75.3	78.1
1983	70.3	69.3	63.9	59.2	60.2	76.0	81.5	82.5	86.6	83.5	83.8	77.9	74.6
1984	71.1	67.7	62.2	56.1	60.5	75.7	79.6	77.3	81.3	78.2	73.4	71.5	71.2
1985	67.2	63.0	59.6	56.5	62.6	74.1	76.0	75.9	76.5	80.2	77.9	73.8	70.3
1986	63.9	58.3	61.9	54.2	63.0	77.5	75.7	72.0	74.9	75.7	73.8	71.2	68.5
1987	63.5	57.9	56.6	51.1	59.3	71.2	78.2	76.0	74.4	73.9	71.5	72.5	67.2
1988	68.5	61.5	56.4	55.3	63.6	76.1	79.4	80.8	81.6	79.0	75.3	73.2	70.9
1989	71.6	64.7	62.3	57.0	62.5	74.9	-	-	-	-	-	-	65.5
1990	76.0	73.2	68.9	66.0	74.8	83.7	84.7	83.1	84.5	84.7	83.3	79.4	78.5
1991	74.4	67.8	65.3	65.6	74.8	81.9	83.6	83.5	83.6	85.6	81.7	78.8	77.2
1992	73.6	71.4	66.3	64.2	67.1	81.3	87.4	84.7	85.8	83.4	80.0	75.6	76.7
1993	74.1	65.5	62.2	64.2	78.2	81.6	80.0	81.5	83.5	83.6	80.0	75.5	75.8
1994	72.0	68.7	63.5	65.3	72.8	82.2	77.2	79.8	82.6	84.4	85.0	76.6	75.8
1995	73.9	68.9	70.3	72.2	76.8	84.6	85.0	86.1	88.3	87.8	84.1	79.4	79.8
1996	74.2	68.6	65.4	65.8	81.1	82.6	85.0	84.9	85.6	86.3	83.5	76.6	78.3
1997	77.2	73.5	69.3	69.9	65.9	83.8	79.9	79.5	81.4	84.3	84.0	75.5	77.0
1998	73.4	68.6	65.3	64.8	70.4	81.6	81.2	84.1	87.3	88.0	85.1	79.3	77.4
1999	78.4	75.9	70.9	68.5	77.4	81.0	83.8	82.9	85.8	84.0	78.1	72.9	78.3
2000	72.9	68.6	65.4	61.1	70.4	78.2	80.0	80.5	84.7	86.0	-	-	74.8
2001	75.8	74.8	65.5	65.9	70.3	80.1	82.4	82.5	85.8	84.6	81.6	79.2	77.4
2002	76.7	75.8	69.8	68.9	77.2	83.6	86.1	81.2	84.5	85.0	82.5	77.5	79.1
2003	70.6	68.7	68.6	67.0	75.8	86.7	86.0	85.3	84.1	86.1	85.1	78.0	78.5
2004	74.6	69.9	68.4	67.2	79.4	84.7	85.5	84.3	87.1	86.8	83.4	79.5	79.2
2005	73.6	69.9	70.6	68.5	81.4	88.6	84.1	85.7	88.4	89.0	83.6	80.9	80.3
2006	78.0	74.3	67.8	66.3	75.5	83.1	83.9	80.2	81.7	85.5	82.5	79.9	78.2
2007	72.3	67.4	67.9	71.4	72.7	77.6	86.1	87.1	87.9	89.5	82.9	80.5	78.6
2008	77.3	74.6	69.5	67.0	72.4	81.7	86.8	87.2	86.0	89.3	81.8	79.1	79.4
2009	76.4	74.2	72.3	72.0	77.8	84.9	86.9	86.4	84.9	86.6	84.7	78.7	80.5
2010	72.9	70.8	66.6	73.7	82.6	87.3	89.7	-	-	-	-	-	77.7
Suma	2424.4	2295.3	2190.0	2150.5	2391.9	2695.2	2574.6	2560.7	2691.9	2705.2	2522.7	2315.3	2604.8
Media	73.5	69.6	66.4	65.2	72.5	81.7	83.1	82.6	84.1	84.5	81.4	77.2	76.6
Máximo	83.2	76.0	72.9	75.4	84.4	88.6	89.7	88.0	88.4	89.5	85.8	81.2	965.7
Mínimo	63.5	57.9	56.4	51.1	59.3	71.2	75.7	72.0	74.4	73.9	71.5	71.2	323.6

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.11. Precipitación media anual estación de nandaime

Estación: INGENIO XAVIER GUERRA BAEZ /
Departamento:
Latitud: 11°43'18"
Años: 1950-2012
Parámetro: Precipitación (mm)

Código: 69033
Municipio: NANDAIME
Longitud: 86°02'48"
Elevación: 95 msnm
Tipo: AG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1958					257.5	427.4	111.8	66.0	397.6	290.6	34.7	6.5	1,592.1
1959	3.2	0.0	0.0	0.0	103.3	197.6	87.2	141.8	147.9	359.3	78.4	14.1	1,132.6
1960	28.9	8.4	0.0	6.4	178.4	475.9	120.5	332.7	338.2	532.0	70.6	15.3	2,106.9
1961	8.8	0.0	0.0	1.3	36.8	175.3	175.7	108.2	351.9	227.4	100.8	38.9	1,225.1
1962	7.1	3.5	0.0	3.3	58.4	395.1	132.2	162.3	182.6	273.1	38.3	2.5	1,258.4
1963	11.4	0.0	1.3	82.5	57.8	240.3	131.8	81.7	576.9	282.7	136.0	4.4	1,606.8
1964	0.0	0.0	0.0	95.3	86.8	272.1	340.9	229.5	201.4	339.4	38.1	12.7	1,616.2
1965	6.8	3.5	0.0	0.0	165.1	279.8	117.9	51.4	227.1	129.9	28.9	41.8	1,051.9
1966	0.0	8.4	15.2	5.1	191.9	354.3	224.2	142.7	300.7	256.5	67.5	8.9	1,575.0
1967	5.5	10.9	6.6	49.0	16.5	218.2	88.7	62.6	148.0	226.8	125.1	13.7	971.6
1968	10.1	0.0	0.0	0.0	306.2	257.6	124.2	78.3	278.4	430.5	91.0	5.8	1,582.1
1969	14.0	1.5	16.2	21.3	115.4	397.5	109.5	154.2	413.8	657.1	41.3	17.2	1,959.0
1970	15.8	0.4	34.8		381.7	142.1	294.5	319.2	443.6	287.8	113.9	27.3	2,060.9
1971	23.7	7.5	0.1	44.6	278.6	255.9	99.4	163.8	330.4	394.4	87.0	32.9	1,718.3
1972	14.0	1.7	0.0	0.0	238.2	163.5	86.6	36.5	124.0	49.9	168.0	45.4	927.8
1973	0.0	0.4	9.9			148.8	190.0	256.1	407.1	559.9	42.4	5.2	1,619.6
1974	15.0	1.7	4.0	3.9		284.6	77.6	89.1	581.7	215.4	16.9	17.9	1,307.8
1975	4.3	0.3	0.0	0.0	370.5	140.9	88.1	271.1	600.7	331.8	193.1	3.7	2,004.5
1976	0.7	0.1	3.2	6.4	84.2	187.9	80.8	70.4	62.2	286.2	30.0	3.9	816.0
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	246.1	254.4	63.9	103.2	304.7	64.8	36.3	3.0	1,076.4
1978	3.2	0.2	3.7	24.3	115.5	67.8	154.9	145.7	294.0	176.2	33.7	32.8	1,052.0
1979	0.3	0.0	5.7	70.0	90.5	258.7	186.7	192.5	412.3	471.1	136.8	31.2	1,855.8
1980	10.4			0.0	251.8	255.5							517.7
1981	0.3	1.8	2.2	0.8	326.5	466.4	114.9	281.6	125.4	396.5	47.2	4.6	1,768.2
1982	10.6	3.2	4.5	61.8	633.9	274.4	72.7	38.9	201.0	122.1	14.8	2.8	1,440.7
1983	4.2	0.0	2.9	44.4	63.1	172.0	124.0	165.5	198.1	232.9	49.5	14.4	1,071.0
1984	13.7	0.4	14.6	16.8	224.9	253.8	240.0	216.4	373.9	185.4	29.2	3.4	1,572.5
1985	1.9	0.9	0.1	58.4	164.5	153.9	144.7	150.8	186.2	437.2	82.8	38.3	1,419.1
1986	1.5	1.1	0.0	0.0	317.5	173.9	92.0	109.4	175.9	233.3	53.8	8.0	1,166.2
1987	3.6	0.0	4.7	0.0	101.5	152.0	200.6	150.5	116.0	308.7	10.5	10.0	1,058.1
1988	3.7	0.0	0.1	0.0	306.8	529.0	120.5	393.1	287.2	510.8	84.1	36.4	2,271.5
1989	14.5	3.9	0.7	0.0	44.5	188.8	175.6	160.8	389.3	157.8	121.0	22.6	1,279.5
1990	1.4	2.9	0.3	0.4	179.2	125.1	167.0	41.8	163.5	331.0	124.3	18.8	1,155.7
1991	2.6	0.7	0.2	0.0	303.2	192.2	98.7	39.5	143.2	139.8	68.4	3.3	991.6
1992	0.5	0.0	0.0	0.0	101.2	320.8	195.8	101.5	197.4	134.5	29.7	13.9	1,095.3
1993	10.1	0.0	0.0	27.3	701.3	202.8	127.3	220.8	446.1	128.7	44.1	2.2	1,910.4
1994	8.2	8.6	0.0	33.6	162.1	257.1	37.0	51.5	302.5	268.1	121.7	6.5	1,256.9
1995	0.1	1.6	81.3	65.5	119.5	183.8	333.8	461.3	293.7	336.1	48.5	36.7	1,961.7
1996	15.2	0.7	3.6	0.4	360.9	118.6	285.4	256.0	310.1	308.1	174.1	2.1	1,835.2
1997	4.4	0.0	0.9	28.9	15.0	299.9	50.7	73.7	203.9	211.6	142.1	0.0	1,031.1
1998	0.0	0.0	0.0	0.6	144.8	180.1	128.2	195.7	288.3	775.0	66.7	17.0	1,796.4
1999	13.1	1.7	2.1	6.0	189.0	169.3	162.0	299.3	399.5	236.4	106.6	3.2	1,588.2
2000	19.6	1.1	0.6	0.1	155.9	148.0	39.2	154.2	379.1	190.8	59.1	4.7	1,152.4
2001	2.6	5.2	0.0	0.0	171.9	144.9	67.5	115.1	202.4	407.8	121.1	3.9	1,242.4
2002	10.0	0.9	0.7	1.9	634.2	286.3	135.9	158.5	277.2	149.9	15.2	1.0	1,671.7
2003	0.0	0.0	34.5	40.3	250.2	509.9	258.8	117.5	164.8	268.7	73.9	5.4	1,724.0
2004	3.5	0.7	0.9	4.4	243.8	128.4	185.5	50.5	190.4	390.0	117.8	6.0	1,321.9
2005	0.1	0.0	14.2	135.6	236.6	438.8	207.3	180.5	304.7	460.9	56.8	7.7	2,043.0
2006	10.3	1.9	3.2	0.0	158.3	109.1	120.4	110.5	194.9	363.5	65.5	10.4	1,148.0
2007	1.0	2.3	12.0	42.4	296.2	78.3	98.9	287.1	254.4	420.3	45.1	32.7	1,570.7
2008	6.9	0.0	0.0	75.5	384.9	117.9	259.9	286.3	416.0	511.5	34.9	13.8	2,107.6
2009	0.0	0.9	0.0	0.2	242.1	256.5	118.7	75.2	123.2	217.2	107.7	10.9	1,152.2
2010	0.0	0.0	6.4	95.1	270.5	209.5	375.1	369.5	563.1	246.7	69.3	0.0	2,265.2
2011	0.0	0.0	0.4	12.1	117.4	182.6	478.9	185.2	371.3	430.7	40.7	4.4	1,823.7
2012	12.8	0.7	0.0	15.9	142.2	149.0	64.8						385.1
Suma	359.1	88.9	291.8	1,181.8	11,394.4	13,023.1	8,368.9	8,757.2	15,367.9	16,354.6	3,934.4	730.2	75,852.3
Media	6.7	1.7	5.5	22.7	215.0	236.8	155.0	165.2	290.0	308.6	74.2	13.8	1,451.9
Max	28.9	10.9	81.3	135.6	701.3	529.0	478.9	461.3	600.7	775.0	193.1	45.4	2,271.5
Min	0.5	0.5	0.6	0.6	15.0	67.8	37.0	36.5	62.2	49.9	10.5	1.0	385.1

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.12. Evaporación media anual estación de nandaime

Estación: INGENIO XAVIER GUERRA BAEZ /
Departamento:
Latitud: 11°43'18"
Años: 1950-2012
Parámetro: Evaporación Tanque (mm)

Código: 69033
Municipio: NANDAIME
Longitud: 86°02'48"
Elevación: 95 msnm
Tipo: AG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1958					119.3	165.5	136.2	160.0	157.0	145.3	153.5	186.9	1,223.7
1959	213.8	231.9	292.9	291.9	261.6	166.2	185.8	168.3	160.3	149.1	158.7	195.1	2,475.6
1960	213.1	218.7	282.7	262.0	229.0	152.9	193.1	162.7	170.4	102.5	160.7	224.5	2,372.3
1961	227.2	215.0	271.0	258.4	272.7	201.8	182.5	191.4	164.9	184.6	183.8	169.9	2,522.8
1962	231.7	226.5	253.1	261.0	243.7	169.8	224.6	183.3	144.2	158.6	200.0	231.5	2,527.8
1963	217.1	203.3	249.1	245.8	258.9	191.5	205.0	217.3	185.8	177.2	142.8	235.1	2,528.6
1964	240.1	231.7	272.4	266.3	239.5	149.0	177.8	184.6	187.4	160.8	192.2	217.6	2,519.0
1965	285.8	270.8	317.2	327.0	303.5	219.3	263.6	235.6	213.5	197.5	214.8	283.1	3,131.5
1966	326.8	313.2	385.1	367.8	286.9	120.0	205.9	223.4	227.5	217.0	245.8	280.6	3,199.2
1967	298.9	304.6	350.8	377.8	341.4	184.0	202.2	226.3	178.8	182.6	189.5	208.2	3,045.1
1968	281.0	297.0	329.9	308.0	217.5	117.4	185.3	204.1	168.4	170.0	188.3	245.5	2,712.4
1969	283.1	269.5	324.8	323.8	303.0	193.9	229.0	59.4	90.4	109.0	173.5	264.5	2,623.6
1970	40.6	3.6			153.3	187.5	138.6	143.3	136.2	162.4	148.6	181.8	1,295.9
1971	67.9	188.6	260.9	272.0	209.8	150.9	164.7	168.4	135.4	156.0	147.5		1,922.1
1972	204.5	177.9	211.9	309.9	261.4	177.3	143.1	194.4	168.0	182.0	128.7		2,159.1
1973						49.1	184.5	181.9	151.1	195.6	169.5	197.8	1,129.5
1974	244.9	262.7	312.5	225.8		155.0	182.1	186.2	146.4	171.1	195.5	114.2	2,197.4
1975	238.5	260.3	230.0	346.1	208.1	189.4	171.4	98.4	108.1	138.5	112.9	183.4	2,285.1
1976	219.5	263.6	277.4	290.3	264.2	147.8	187.3	197.8	185.0	155.7	159.7	195.8	2,543.9
1977	170.1	245.9	343.5	289.0	238.5	153.7	194.4	186.0	131.1	154.8	159.2	195.5	2,461.7
1978	232.4	164.1	183.3	224.9	216.5	139.7	153.1	184.3	156.3	135.9	152.4	167.0	2,109.9
1979	140.3	180.8	226.4	178.7	97.0	107.0	83.8	110.1	64.0	58.3	94.8	136.8	1,477.8
1980	144.1			165.6	212.1	168.1							689.9
1981	126.8	220.3	247.7	167.9	121.3	76.4	78.9	150.0	159.7	126.2	163.0	226.1	1,864.4
1982	179.4	137.1		139.0									455.5
1983								204.1	170.6	182.1	154.5	180.3	891.6
1984	232.3	255.9	288.1	296.7	267.2	198.8	166.3	179.2	151.4	177.6	174.5	235.6	2,624.4
1985	263.1	271.5	335.7	305.4	230.0	181.8	183.4	179.3	172.5	151.3	143.4	192.9	2,610.1
1986	263.5	238.2	326.7	340.3	227.7	139.3	140.0	198.1	160.3	172.1	163.9	203.3	2,573.4
1987	258.4	271.1	304.1	300.2	277.5	210.7	175.0	170.0	182.1	180.2	192.1	229.7	2,751.1
1988	259.8	296.3	347.0	310.0	240.5	160.9	148.5	135.8	130.1	159.1	165.3	182.3	2,535.4
1989	245.8	275.4	321.9	332.7	282.4	175.9	203.5	196.1	138.4	180.9	145.8	180.5	2,679.3
1990	226.8	224.3	303.9	316.4	245.7	169.8	162.5	182.9	169.3	148.8	142.5	194.3	2,487.0
1991	223.7	276.5	312.3	295.6	223.4	188.3	169.6	182.4	176.7	153.1	160.3	199.5	2,561.4
1992	228.3	265.8	338.5	326.4	275.4	202.0	153.5	180.1	150.0	164.9	155.9	193.4	2,634.2
1993	223.3	255.2	309.9	278.4	175.8	140.2	154.0	150.8	133.8	152.1	159.6	202.6	2,335.7
1994	217.4	171.9	309.1	290.9	187.3	119.0	132.4	188.5	141.6	161.4	144.7	188.5	2,252.7
1995	230.5	257.3	265.0	222.2	197.8	146.2	151.1	154.8	126.3	122.7	141.9	170.8	2,186.6
1996	201.3	247.8	286.3	312.2	191.8	168.0	153.7	154.0	159.2	139.9	138.9	192.0	2,345.1
1997	177.6	229.1	291.4	265.4	301.1	153.5	104.1	226.3	184.7	159.8	144.0	211.8	2,448.8
1998	240.8	214.7	304.3	298.5	235.6	176.3	113.8	53.0	136.2	113.5	137.5	170.6	2,194.6
1999	210.2	234.8	306.5	293.9	197.8	176.8	173.4	171.4	126.8	137.5	158.5	216.8	2,404.4
2000	246.7	267.5	285.5	298.0	214.5	161.7	196.3	194.3	131.7	36.9			2,033.1
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007													
2008										90.1	154.8	180.5	425.4
2009	216.7	251.9	303.9	288.7	243.4	144.8	154.2	169.7	183.2	156.0	150.6	174.2	2,437.1
2010	235.7	229.2	291.7	245.1	171.4	142.3	126.9	122.2	57.2	137.4	48.2		1,807.3
2011				234.9	201.1	139.9	137.2	149.2	133.6	100.0	160.0	195.1	1,450.6
2012	219.4	227.8	315.4	250.1	185.3	150.7	174.8						1,523.5
Suma	9,448.6	9,850.3	11,769.8	12,000.5	9,831.9	7,179.3	7,346.5	7,559.4	6,705.6	6,767.3	6,971.2	8,235.6	103,666.6
Media	219.7	234.5	294.2	279.1	228.6	159.5	167.0	171.8	152.4	150.4	158.4	200.9	2,159.7
Max	326.8	313.2	385.1	377.8	341.4	219.3	263.6	235.6	227.5	217.0	245.8	283.1	3,199.2
Min	40.6	3.6	183.3	139.0	97.0	49.1	78.9	53.0	57.2	36.9	48.2	114.2	425.4

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.13. Temperatura media anual estación de nandaime

Estación: INGENIO XAVIER GUERRA BAEZ /
Departamento:
Latitud: 11°43'18"
Años: 1950-2012
Parámetro: Temperatura Media (C°)

Código: 69033
Municipio: NANDAIME
Longitud: 86°02'48"
Elevación: 95 msnm
Tipo: AG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1958					27.4	26.9	27.3	26.7	26.6	25.2	23.4	23.4	25.9
1959	23.7	23.3	24.0	24.6	24.6	23.9	24.1	24.1	24.6	24.5	23.7	23.7	24.1
1960	23.9	24.3	25.4	24.0	26.6	23.8	24.5	24.3	24.8	24.5	24.6	23.6	24.5
1961	23.9	24.6	25.1	25.9	27.2	25.0	24.7	24.9	24.1	24.5	24.0	24.4	24.9
1962	24.3	24.0	25.2	25.9	25.7	24.9	25.3	24.9	25.1	24.2	24.3	24.4	24.6
1963	24.5	24.9	25.3	26.0	25.9	24.9	25.2	25.4	24.8	24.8	24.1	24.2	25.0
1964	24.3	24.3	25.7	26.0	25.4	23.7	23.9	23.1	24.2	23.4	23.4	23.4	24.2
1965	22.8	24.2	24.6	26.1	26.4	24.2	24.7	24.1	23.8	23.5	23.4	23.6	24.3
1966	23.6	23.6	23.6	24.7	24.5	23.7	24.5	23.6	23.5	24.0	22.9	23.5	23.8
1967	24.8	25.2	24.3	26.2	24.7	27.6	24.9	24.7	23.6	26.0	26.8	24.5	25.3
1968	25.2	24.6	24.9	25.1	24.7	25.9	26.7	27.1	26.4	26.2	27.6	27.4	26.0
1969	27.2	25.1	26.6	27.8	28.6	27.2	27.7	26.7	26.5	25.6	25.9	26.6	26.8
1970	27.4	27.3		29.7	26.9	27.3	26.2	26.5	25.4	26.3	25.6	26.3	26.8
1971	26.3	26.8	28.0	28.3	28.2	26.2	26.0	26.5	25.5	25.3	25.1	25.5	26.5
1972	25.7	26.5	26.9	28.9	28.0	27.1	27.2	26.7	26.9	27.3	26.2	26.4	27.0
1973	27.1	27.3	29.0			26.6	26.2	26.7	25.9	25.6	26.4	25.0	26.6
1974	25.9	26.2	27.3	28.3		26.7	26.4	26.9	25.9	26.6	26.5	25.8	26.6
1975	26.0	26.4	27.7	28.5	29.1	27.6	26.7	26.0	25.9	26.3	25.8	25.8	26.8
1976	26.0	26.5	27.6	28.7	28.7	26.9	27.1	27.6	28.6	27.2	27.2	26.7	27.4
1977	26.9	27.6	28.7	29.5	28.7	27.0	27.7	27.7	27.4	27.4	27.7	27.3	27.8
1978	27.0	27.7	29.4	29.8	29.0	27.2	27.4	27.9	27.0	26.9	27.3	26.5	27.6
1979	27.2	28.2	28.6	29.1	29.4	26.8	27.3	27.2	26.3	26.1	26.6	25.9	27.4
1980	26.4			30.0	29.6	27.6			20.6			26.2	26.7
1981	25.5	27.1	28.5	28.7	27.6	26.2	27.1	26.7	27.3	27.0	26.4	26.8	27.1
1982	27.0	27.2		28.4									27.6
1983								27.6	26.2	26.1	26.1	26.0	26.4
1984	25.5	27.0	27.7	28.6	28.5	27.3	26.3	25.9	25.0	25.6	25.0	25.5	26.5
1985	25.4	26.2	27.0	27.6	27.9	26.6	25.9	26.0	25.9	25.2	25.2	25.4	26.2
1986	25.4	26.0	26.9	28.2	27.6	26.0	25.7	26.6	26.1	26.0	26.1	26.2	26.4
1987	26.1	27.0	28.4	28.6	28.6	27.9	26.3	26.4	27.0	26.5	26.7	26.9	27.2
1988	26.4	27.1	27.8	28.6	28.1	26.2	26.1	25.6	25.7	25.8	26.1	25.6	26.6
1989	26.0	25.9	26.6	28.2	28.3	26.5	26.4	26.4	25.5	26.0	25.9	25.3	26.4
1990	25.8	26.1	27.0	28.3	27.9	26.8	26.2	26.8	26.3	25.8	25.7	25.6	26.5
1991	25.9	26.5	27.6	28.4	27.7	27.1	26.4	26.6	26.7	25.6	25.8	25.9	26.7
1992	26.0	26.8	27.7	28.9	28.8	27.7	25.9	26.3	25.9	26.2	26.2	25.9	26.9
1993	26.0	26.8	27.5	28.6	27.2	27.0	26.7	26.3	25.5	26.4	26.1	26.3	26.7
1994	26.0	26.7	27.6	28.1	27.9	26.8	26.7	26.8	26.3	26.2	25.9	26.0	26.8
1995	26.3	26.9	27.2	28.0	27.7	26.7	26.3	26.2	25.8	25.6	26.0	25.8	26.5
1996	25.3	26.3	26.8	28.6	27.0	26.9	26.1	26.0	26.2	25.7	25.5	25.5	26.3
1997	25.1	26.4	26.9	28.0	28.7	26.4	27.6	27.6	27.0	26.4	26.1	26.1	26.9
1998	26.5	26.8	28.1	29.0	28.6	27.5	26.8	26.9	26.1	25.6	25.9	25.9	27.0
1999	25.9	26.1	26.9	28.1	28.0	28.1	26.4	26.3	25.4	25.3	25.4	25.6	26.5
2000	25.3	25.9	26.6	27.7	27.5	26.6	26.7	26.9	25.7	25.8	26.0	26.1	26.4
2001	25.7	26.4	27.1	28.5	28.6	27.0	26.7	27.1	26.3	26.5	26.0	26.6	26.9
2002	26.5	26.9	27.8	28.4	27.9	27.1	26.7	27.1	26.4	26.3	26.2	26.6	27.0
2003	26.7	27.7	28.2	29.0	28.5	26.4	26.6	26.8	26.9	26.5	26.3	26.1	27.1
2004	26.0	27.1	27.9	28.8	27.9	27.1	26.4	26.9	26.5	26.5	26.1	26.1	26.9
2005	26.4	26.7	28.6	29.3	27.6	26.5	26.9	26.6	26.2	25.1	25.6	25.9	26.8
2006	26.3	26.4	27.4	28.6	28.3	26.9	27.1	27.4	26.8	26.7	25.9	26.3	27.0
2007	26.8	27.3	28.4	28.9	28.3	27.1	26.8	26.4	26.2	25.2	26.1	25.7	26.9
2008	26.1	26.8	27.7	28.6	27.7	26.5	26.3	26.2	25.9	25.6	25.8	25.9	26.6
2009	26.3	26.6	27.2	28.7	28.6	27.0	26.8	26.9	27.5	26.9	26.3	26.6	27.1
2010	26.6	27.9	28.4	29.3	27.9	26.9	26.4	26.4	26.0	26.4	25.4	25.0	26.9
2011	26.3	27.2	27.7	28.8	28.4	27.0	26.3	27.0	26.8	25.4	26.2	26.3	26.9
2012	26.1	26.8	27.7	28.5	27.9	27.2	26.9						27.3
Suma	1,367.1	1,366.9	1,354.8	1,457.3	1,411.4	1,405.8	1,367.2	1,367.8	1,370.7	1,341.4	1,336.4	1,359.7	1,453.9
Media	25.8	26.3	27.1	28.0	27.7	26.5	26.3	26.3	25.9	25.8	25.7	25.7	26.4
Max	27.4	28.2	29.4	30.0	29.6	28.1	27.7	27.5	28.6	27.4	27.7	27.4	27.8
Min	22.9	23.3	23.8	24.0	24.5	23.7	23.9	23.1	20.6	23.4	22.9	23.4	23.6

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.14. Precipitación media anual estación de masatepe

Estación: CAMPOS AZULES /
Departamento:
Latitud: 11°53'59"
Años: 1983-2012
Parámetro: Precipitación (mm)

Código: 690129
Municipio: MASATEPE
Longitud: 86°08'59"
Elevación: 470 msnm
Tipo: AG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1983							140.0	137.7	292.4	263.1	114.7	36.8	984.5
1984	10.0	1.5	13.9	0.0	53.3	322.1	295.2	189.0	411.2	120.7	21.4	17.0	1,455.3
1985	7.2	4.8	1.3	16.0	122.5	145.4	102.3	138.8	109.0	416.7	119.9	42.7	1,226.4
1986	2.8	31.1	0.0	0.0	431.7	292.8	74.8	175.7	162.3	105.4	38.8	34.7	1,349.5
1987	3.4	0.2	14.1	0.0	71.9	84.9	238.5	296.8	140.8	215.2	14.3	10.7	1,089.6
1988	12.1	6.4	0.0	4.0	195.9	516.3	144.8	319.7	283.8	390.5	17.2	8.0	1,898.7
1989	22.6	19.4	1.5	0.0	47.7	197.3	318.3	248.8	397.7	77.3	105.9	41.4	1,477.9
1990	12.4	4.5	0.0	1.1	198.2	133.1	140.1	66.3	120.9	309.5	231.3	21.1	1,241.5
1991	13.8	1.5	0.0	2.8	403.1	256.3	71.9	112.9	147.1	129.9	56.8	21.7	1,217.6
1992	3.2	0.3	1.4	28.8	124.5	317.5	145.7	67.2	171.0	178.6	28.8	11.9	1,078.5
1993	17.9	1.4	0.5	2.9	527.7	265.8	202.8	214.5	404.1	92.5	56.2	5.6	1,791.9
1994	3.9	11.2	3.4	43.9	133.3	207.1	74.1	69.1	190.1	161.7	145.8	13.3	1,056.9
1995	1.0	0.0	30.6	91.0	47.5	293.2	253.9	417.8	233.6	281.4	40.6	20.5	1,711.1
1996	42.0	2.8	8.8	18.8	336.0	216.1	341.2	250.0	232.2	431.8	175.2	4.3	2,059.0
1997	21.6	2.1	8.7	13.4	49.3	494.2	68.2	71.2	125.5	202.8	148.5	4.7	1,210.2
1998	1.5	0.0	0.0	0.2	104.9	110.8	159.7	148.9	447.8	973.9	67.2	34.6	2,049.3
1999	24.3	8.1	3.9	17.8	203.6	190.5	215.5	186.8	439.1	220.5	113.0	4.0	1,627.1
2000	44.8	3.2	0.3	1.7	67.1	199.8	91.0	97.0	351.2	186.6	67.4	1.9	1,111.8
2001	6.9	8.7	0.0	0.0	286.9	198.0	120.4	132.2	261.2	274.4	95.1	4.0	1,387.8
2002	9.4	3.2	0.4	0.3	469.7	355.5	147.6	185.8	305.0	187.1	24.3	2.3	1,690.6
2003	0.5	1.6	38.9	5.9	168.8	396.8	236.4	122.8	180.7	240.2	106.2	16.8	1,515.4
2004	10.1	2.4	16.3	5.8	245.7	122.8	133.5	76.4	292.3	358.3	69.2	5.4	1,337.8
2005	0.0	0.6	30.1	58.1	436.7	397.0	155.7	212.9	314.6	490.6	52.7	6.4	2,155.4
2006	19.4	9.3	6.7	0.1	127.8	165.0	162.4	63.8	121.0	269.7	71.2	13.5	1,029.9
2007	1.9	5.8	0.8	38.6	335.8	79.2	137.4	258.2	286.8	475.2	101.0	54.5	1,775.2
2008	12.3	0.1	2.1	123.3	374.9	105.0	212.2	260.9	323.9	586.7	47.9	14.0	2,063.3
2009	2.5	0.8	0.0	1.4	156.8	166.0	117.9	92.2	152.7	260.7	81.0	8.8	1,040.8
2010	1.8	0.0	3.6	56.3	303.7	373.9	351.7	301.8	689.3	154.1	42.8	2.6	2,281.2
2011	12.6	0.8	0.4	5.7	141.0	191.2	385.1	205.4	344.2	526.4	52.3	36.3	1,901.4
2012	23.6	9.7	0.5	9.7	100.0	156.2	62.1						361.8
Suma	345.5	141.1	188.2	547.0	6,266.0	6,948.4	5,300.2	5,122.6	7,931.3	8,581.5	2,306.3	499.3	44,177.4
Media	11.9	4.9	6.5	18.9	216.1	239.6	176.7	176.6	273.5	295.9	79.5	17.2	1,472.6
Max	44.8	31.1	38.9	123.3	527.7	516.3	385.1	417.8	689.3	973.9	231.3	54.5	2,281.2
Min	0.5	0.6	0.5	1.1	47.5	79.2	62.1	63.8	109.0	77.3	14.3	1.9	361.8

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.15. Temperatura media anual estación de masatepe

Estación: CAMPOS AZULES /
Departamento:
Latitud: 11°53'59"
Años: 1983-2012
Parámetro: Temperatura Media (C°)

Código: 690129
Municipio: MASATEPE
Longitud: 86°08'59"
Elevación: 470 msnm
Tipo: AG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1983							24.8	25.0	24.1	23.5	23.7	23.0	24.0
1984	22.3	23.4	24.6	25.8	25.4	24.1	23.2	23.5	23.2	23.6	22.6	22.3	23.7
1985	22.0	22.9		24.7	25.2	23.8	23.5	23.6	24.0	23.4	23.0	22.4	23.5
1986	22.2	23.1	23.8	25.4	24.9	23.4	23.0	23.7	23.7	23.8	23.6	23.1	23.6
1987	22.9	24.0	25.4	26.0	26.1	25.4	23.6	23.9	24.5	24.0	24.1	23.7	24.5
1988	23.7	24.3	25.6	26.6	26.3	24.6	23.8	23.5	23.6	23.9	24.0	22.7	24.4
1989	22.8	22.7	23.9	25.3	25.4	24.5	24.1	23.5	23.0	23.3	23.3	22.2	23.7
1990	22.9	22.7	23.8	25.3	25.1	24.0	23.4	23.7	23.7	23.5	23.1	22.5	23.6
1991	22.7	23.0	24.3	25.2	24.7	24.5	23.8	23.9	24.0	23.4	23.1	22.7	23.8
1992	23.0	23.6	24.7	25.8	25.7	25.2	23.4	23.8	23.6	23.8	23.7	23.3	24.1
1993	23.1	23.7	24.6	25.8	24.6	24.0	23.3	23.7	23.4	24.0	23.5	22.9	23.9
1994	22.6	23.2	24.2	25.0	24.9	23.9	23.7	24.1	23.7	23.7	23.0	22.8	23.7
1995	22.7	23.4	24.2	25.2	25.2	24.3	23.9	23.9	23.8	23.6	23.3	23.0	23.9
1996	22.4	23.0	23.7	25.4	24.1	24.1	23.5	23.5	23.9	23.5	22.9	22.6	23.5
1997	22.2	23.2	23.6	24.9	25.7	23.7	24.2	24.4	24.5	24.0	23.6	23.3	23.9
1998	23.7	24.3	25.3	26.3	26.2	25.0	24.2	24.5	23.9	23.5	23.4	22.9	24.4
1999	22.9	22.9	23.7	24.9	24.4	23.9	23.6	23.9	23.2	22.9	22.8	22.4	23.5
2000	22.0	22.5	23.5	24.9	24.9	23.9	23.7	24.2	23.7	23.6	23.4	22.9	23.6
2001	22.3	22.8	23.8	25.2	25.5	24.0	23.7	24.4	23.6	24.1	23.2	23.6	23.9
2002	23.1	23.4	24.4	25.2	25.1	24.3	23.9	24.2	24.1	23.8	23.3	23.4	24.0
2003	23.2	24.2	25.0	25.6	25.6	24.0	24.1	24.1	24.4	24.2	24.0	23.1	24.3
2004	22.8	23.6	24.4	25.6	25.0	24.2	23.7	24.3	24.0	24.0	23.3	22.8	24.0
2005	22.7	22.9	25.3	26.0	24.9	24.1	24.4	24.2	23.8	22.9	23.3	23.1	24.0
2006	22.9	22.7	23.9	25.2	25.3	24.3	24.2	24.6	24.4	24.2	23.3	23.5	24.1
2007	23.4	23.9	25.0	25.7	25.3	24.3	23.9	23.8	23.5	22.9	23.1	22.6	24.0
2008	22.6	23.1	24.0	25.0	24.6	23.8	23.5	23.7	23.6	23.2	23.1	22.7	23.6
2009	22.9	23.0	23.7	25.1	25.4	24.2	24.0	24.2	24.8	24.3	23.7	23.5	24.1
2010	22.9	24.5	25.0	26.0	25.0	24.3	24.0	23.9	23.4	23.8	22.7	21.7	23.9
2011	22.8	23.8	24.0	25.0	25.0	24.2	23.7	24.2	24.1	23.0	23.3	22.7	23.8
2012	22.4	23.1	24.2	25.4	25.1	24.5	23.9						24.1
Suma	660.1	676.8	681.5	737.2	730.6	702.7	713.7	695.8	691.4	685.6	676.3	663.5	716.9
Media	22.8	23.3	24.3	25.4	25.2	24.2	23.8	24.0	23.8	23.6	23.3	22.9	23.9
Max	23.7	24.5	25.6	26.6	26.3	25.4	24.8	25.0	24.8	24.3	24.1	23.7	24.5
Min	22.0	22.5	23.5	24.7	24.1	23.4	23.0	23.5	23.0	22.9	22.6	21.7	23.5

Fuente: INETER

ANEXO N° 4.16. Evaporación media anual estación de masatepe

Estación: CAMPOS AZULES /

Código: 690129

Departamento:

Municipio: MASATEPE

Latitud: 11°53'59"

Longitud: 86°08'59"

Años: 1983-2012

Elevación: 470 msnm

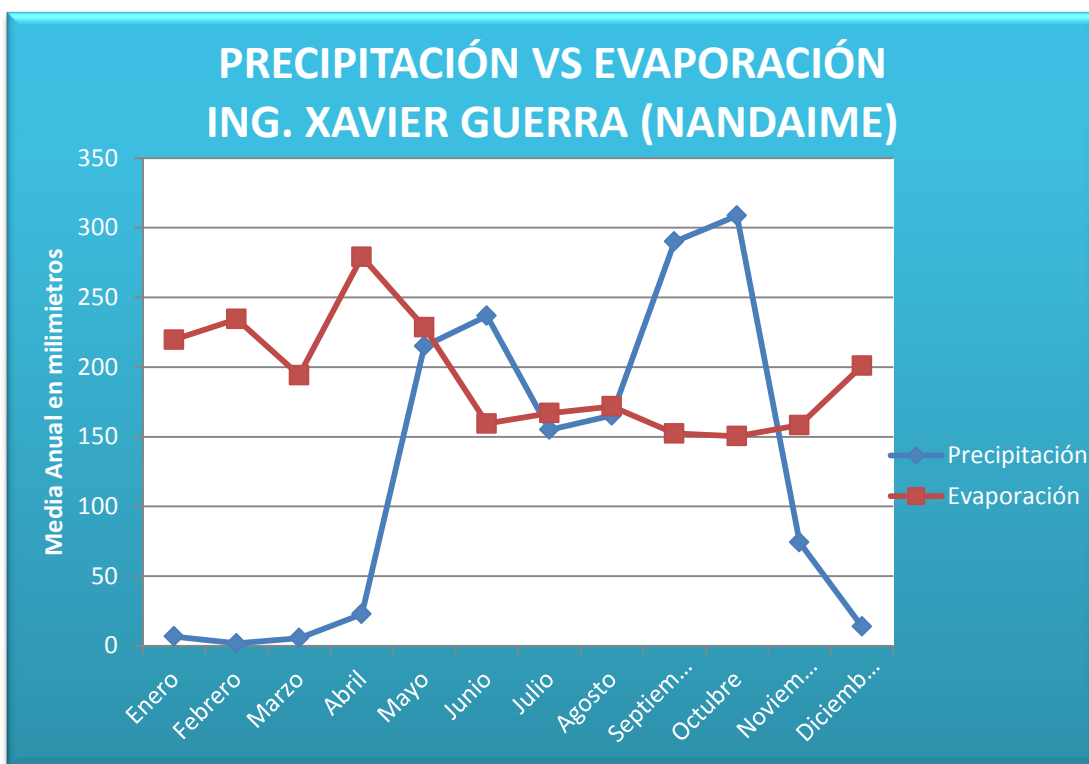
Parámetro: Evaporación Tanque (mm)

Tipo: AG

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1983							107.8	135.2	121.7	125.1	115.8	118.4	724.0
1984	141.0	171.3	205.2	195.0	228.3	125.7	123.1	141.5	100.8	136.7	131.0	150.6	1,848.2
1985	163.3	196.0		192.5	176.1	136.2	137.5	123.6	149.9	120.1	104.6	123.2	1,623.3
1986	183.5	174.2	249.0	261.4	193.1	97.3	108.5	107.3	110.7	120.6	117.2	133.7	1,856.5
1987	176.2	192.3	184.7	246.3	237.0	168.1	126.4	118.9	140.7	139.2	96.6	118.6	1,945.0
1988	133.3	78.0	270.8	211.2	177.3	122.3	100.2	29.3		111.7	41.4	3.7	1,279.2
1989		152.4	189.3	123.9	138.5	90.9	130.9	159.3	94.6	94.5			1,174.3
1990		239.1			55.8	146.1	148.5	147.9	124.8	117.4		131.8	1,111.4
1991	154.4	191.0	232.9	227.1	184.3	150.2	143.7	147.3	141.9	133.9	139.4	141.7	1,987.8
1992	169.1	188.1	246.6	217.2	216.8	153.0	97.9	35.4	101.5	128.7	125.0	123.7	1,803.0
1993						59.7	143.8	122.9	95.3	126.2	124.6	145.8	818.3
1994	159.9	168.9	242.8	247.4	197.2	99.7	141.7	164.2	133.5	131.3	116.5	109.8	1,912.9
1995	141.8	194.5	222.6	215.5	144.4	140.2	131.9	113.5	107.8	88.1	123.8	133.5	1,757.6
1996	171.0	236.9	273.4	273.3	158.7	133.9	130.6	143.7	127.7	110.2	108.9	100.6	1,968.9
1997	144.0	181.3	250.2	223.0	258.0	123.8	148.0	158.9	143.9	122.6	106.2	146.5	2,006.4
1998	173.1	177.5	248.7	254.3	210.8	153.1	147.5	147.0	107.5	106.7	104.3	128.6	1,959.1
1999	145.5	159.0	222.6	226.0	160.7	144.4	138.1	141.6	97.9	106.5	120.9	146.4	1,809.6
2000	160.8	186.8	219.1	169.5	201.9	144.4	146.2	141.7	118.4	135.1	125.0	155.8	1,904.7
2001	178.4	178.1	270.7	305.1	229.9	157.5	148.7	155.4	122.4	127.6	140.5	164.1	2,178.4
2002	196.5	206.0	280.5	302.2	229.8	132.4	126.3	174.8	127.5	135.6	140.8	155.3	2,207.7
2003	202.1	189.7	222.5	240.3	192.1	119.9	133.5	154.3	159.0	126.5	130.3	172.5	2,042.7
2004	170.5	199.1	240.9	249.8	211.5	156.7	150.6	154.7	139.7	155.4	146.6	170.5	2,146.0
2005	205.1	224.8	234.4	258.4	195.8	107.0	158.8	159.6	122.8	82.7	117.4	139.4	2,006.2
2006	158.3	174.9	244.8	245.4	210.7	145.3	152.7	153.9	156.1	122.3	130.6	134.6	2,029.6
2007	195.6	203.8	281.6	241.8	188.4	125.9	148.8	127.7	111.4	85.1	129.7	148.8	1,988.6
2008	175.0	202.9	264.2	251.0	198.8	131.2	127.2	135.1	102.3	90.4	155.0	157.9	1,991.0
2009	200.7	217.2	273.4	265.8	223.0	127.9	139.5	150.0	166.9	148.5	133.0	166.5	2,212.4
2010	201.4	201.7	279.8	228.1	166.4	123.5	118.8	115.0	95.8	131.5	136.7	174.8	1,973.5
2011	180.5	223.4	273.5	267.6	196.0	121.3	124.6	150.3	132.4	94.4	153.0	147.2	2,064.2
2012	162.4	198.0	284.5	245.8	181.4	142.5	147.2						1,361.8
Suma	4,443.4	5,306.9	6,408.7	6,384.9	5,360.7	3,780.1	4,029.0	3,910.0	3,454.9	3,454.6	3,315.1	3,844.0	53,692.3
Media	170.9	189.5	246.5	236.5	191.5	130.3	134.3	134.8	123.4	119.1	122.8	137.3	1,789.7
Max	205.1	239.1	284.5	305.1	258.0	168.1	158.8	174.8	166.9	155.4	155.0	174.8	2,212.4
Min	133.3	78.0	184.7	123.9	55.8	59.7	97.9	29.3	94.6	82.7	41.4	3.7	724.0

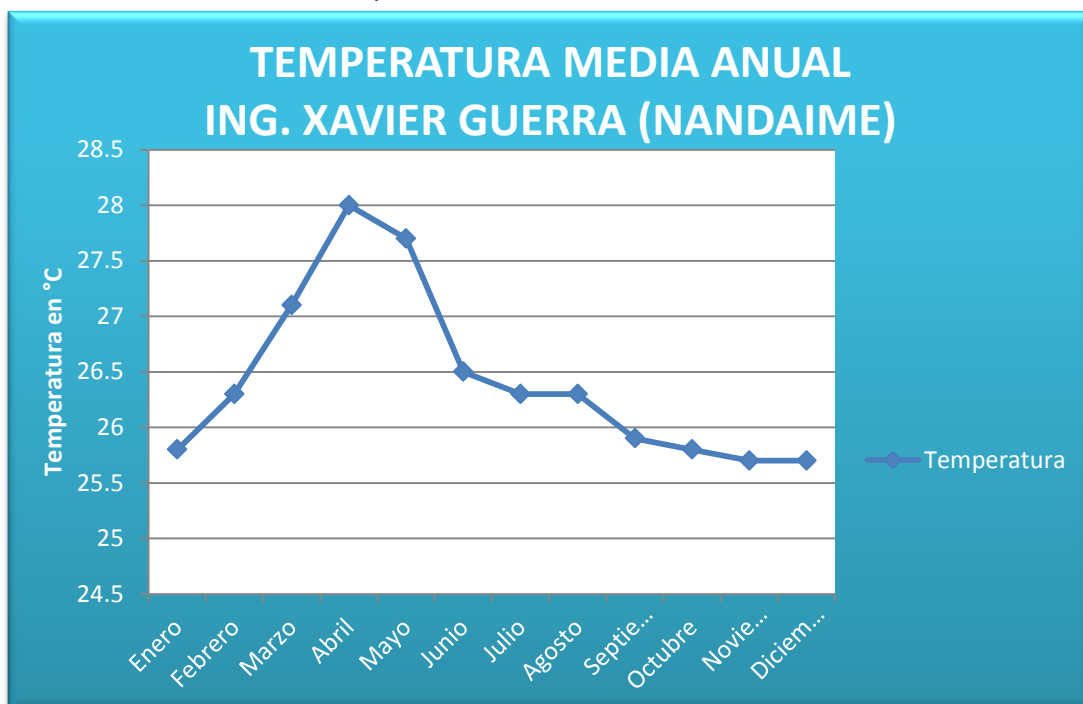
Fuente: INETER

ANEXO N° 4.17. Precipitación vs evaporación estación de nandaime



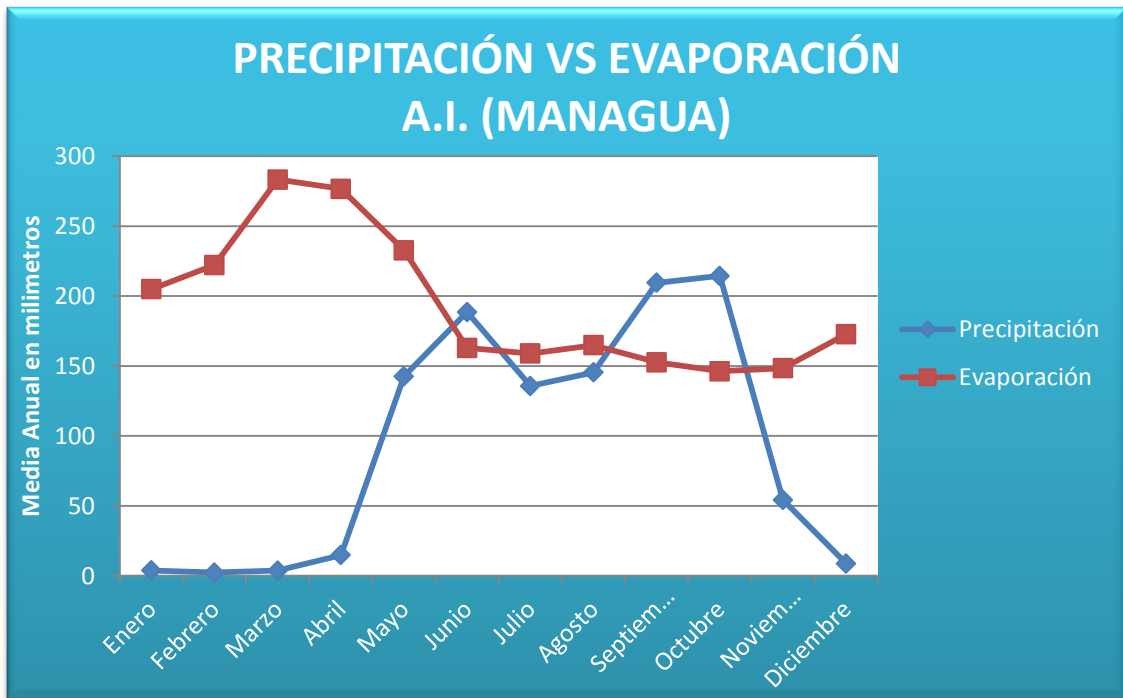
Fuente: INETER

ANEXO N° 4.18. Temperatura media anual estación de nandaime



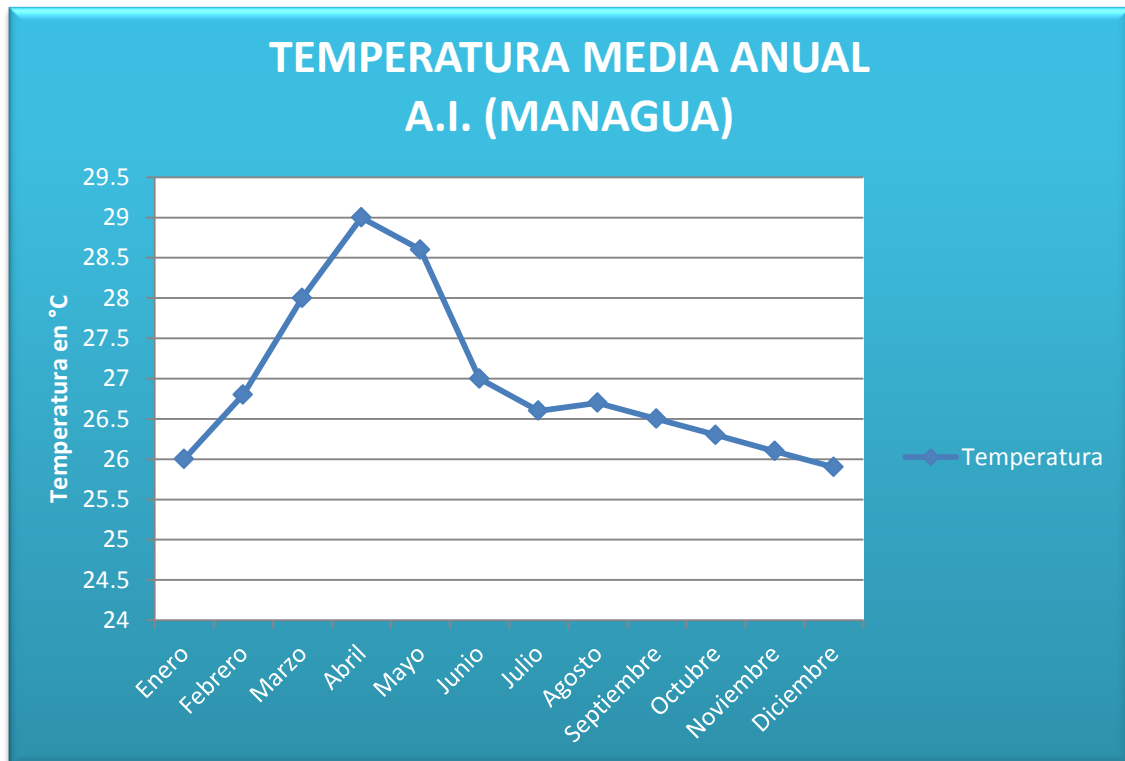
Fuente: INETER

ANEXO N° 4.19. Precipitación vs evaporación estación de managua



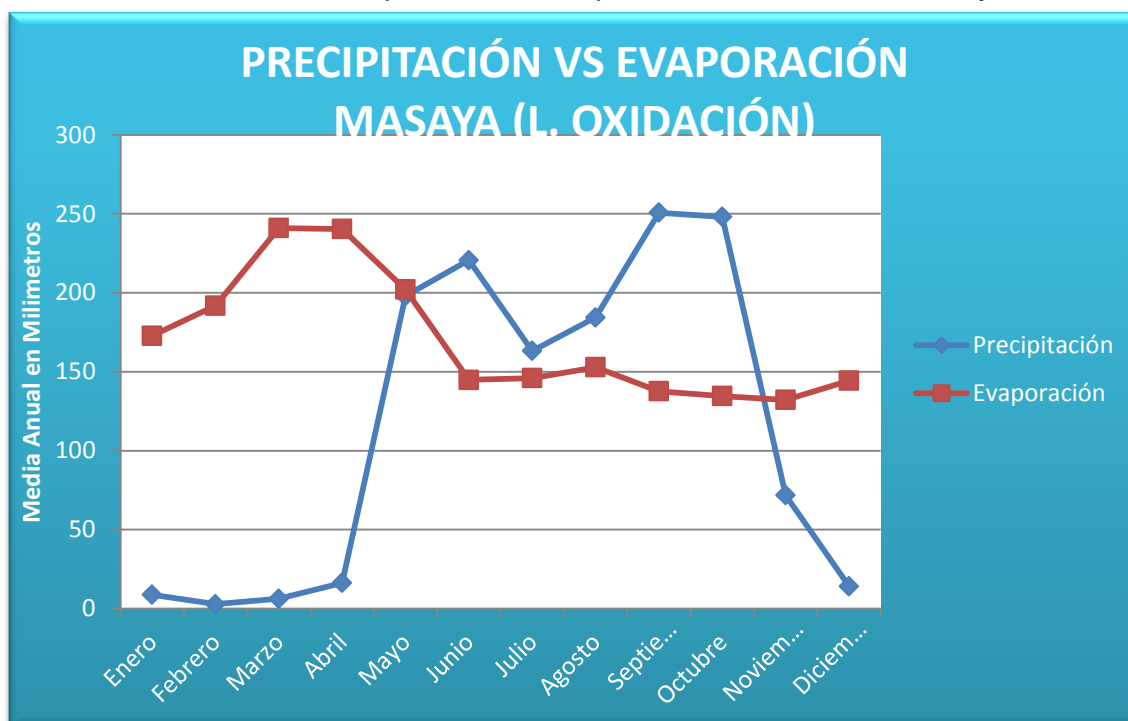
Fuente: INETER

ANEXO N° 4.20. Temperatura media anual estación de managua



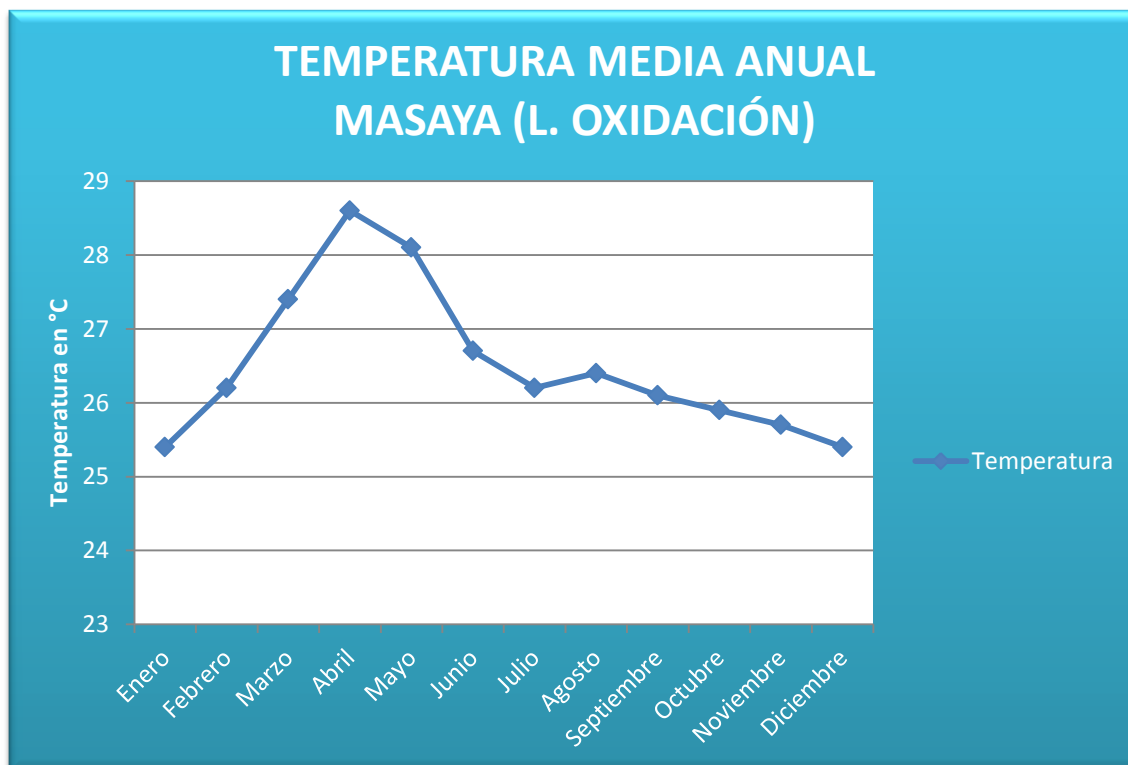
Fuente: INETER

ANEXO N° 4.21. Precipitación vs evaporación estación de masaya



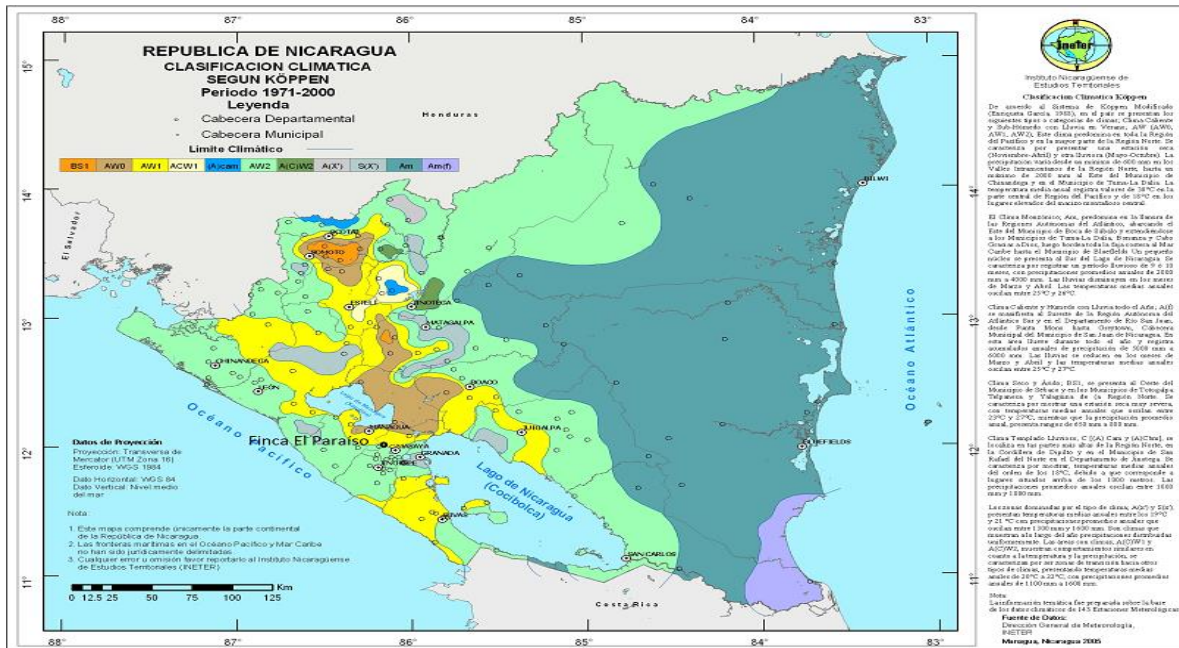
Fuente: INETER

ANEXO N° 4.22. Temperatura media anual de masaya



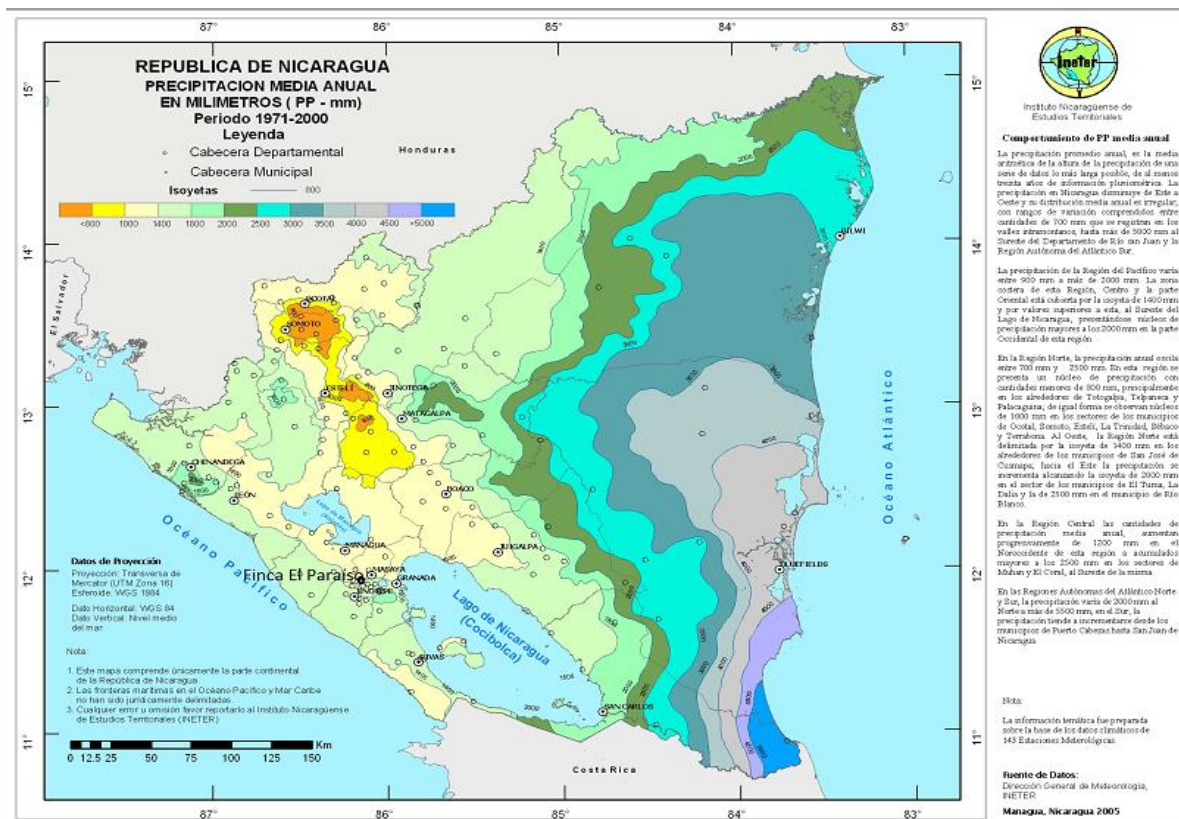
Fuente: INETER

ANEXO N° 4.23. Gráfica de clasificación según KOPPEN de la zona



Fuente: INETER

ANEXO N° 4.24. Gráfica de precipitación media anual de la zona



Fuente: INETER

**ANEXO V – TABLAS DE PROMEDIO DE LA
PROBABILIDAD DEL 75% DE PRECIPITACIÓN ANUAL
POR ESTACIÓN**

ANEXO N° 5.1. Promedio de la probabilidad del 75% de precipitación anual de managua

AÑO	Precipitación Anual (mm)	Precipitación Anual en Modo Decreciente (mm)	Número de Orden (m)	Probabilidad de Cada Año (Pa)	Precipitación Anual al 75% de Probabilidad (mm)
1958	1437.6	1742.9	1	1.89	
1959	878.2	1679.6	2	3.77	
1960	1320.1	1608.6	3	5.66	
1961	964.8	1565.7	4	7.55	
1962	1209.8	1439.5	5	9.43	
1963	763.3	1437.6	6	11.32	
1964	1420.5	1420.5	7	13.21	
1965	776.2	1415.3	8	15.09	
1966	1383.6	1411.9	9	16.98	
1967	824.2	1395.1	10	18.87	
1968	1266.6	1383.6	11	20.75	
1969	1368.5	1376	12	22.64	
1970	1082.0	1368.5	13	24.53	
1971	1293.4	1365	14	26.42	
1972	669.7	1360.2	15	28.30	
1973	1742.9	1352.9	16	30.19	
1974	868.8	1320.1	17	32.08	
1975	1365.0	1307.1	18	33.96	
1976	744.4	1293.4	19	35.85	
1977	812.7	1266.6	20	37.74	
1978	1008.1	1260.8	21	39.62	
1979	1058.7	1253.9	22	41.51	
1980	1376.0	1229.6	23	43.40	
1981	1307.1	1224.7	24	45.28	
1982	1352.9	1209.8	25	47.17	
1983	806.7	1151.4	26	49.06	
1984	1151.4	1102.8	27	50.94	
1985	1260.8	1082	28	52.83	
1986	774.2	1058.7	29	54.72	
1987	1102.8	1008.1	30	56.60	
1988	1679.6	986	31	58.49	
1989	780.7	979.5	32	60.38	
1990	755.5	964.8	33	62.26	
1991	979.5	957.1	34	64.15	

1992	705.4	878.2	35	66.04	
1993	1415.3	868.8	36	67.92	
1994	986.0	862.4	37	69.81	
1995	1360.2	862	38	71.70	
1996	1608.6	824.2	39	73.58	820.44
1997	862.4	819.2	40	75.47	
1998	1565.7	812.7	41	77.36	
1999	1253.9	806.7	42	79.25	
2000	957.1	796.1	43	81.13	
2001	862.0	780.7	44	83.02	
2002	1224.7	776.2	45	84.91	
2003	1229.6	774.2	46	86.79	
2004	819.2	763.3	47	88.68	
2005	1395.1	755.5	48	90.57	
2006	683.3	744.4	49	92.45	
2007	1411.9	705.4	50	94.34	
2008	1439.5	683.3	51	96.23	
2009	796.1	669.7	52	98.11	
2010	626.6	626.6	53	100.00	

Fuente: INETER

ANEXO N° 5.2. Promedio de la probabilidad del 75% de precipitación anual de granada

AÑO	Precipitación Anual (mm)	Precipitación Anual en Modo Decreciente (mm)	Número de Orden (m)	Probabilidad de Cada Año (Pa)	Precipitación Anual al 75% de Probabilidad (mm)
1958	1047.1	2048.3	1	2.70	
1959	1197.8	1815	2	5.41	
1960	1815	1731.4	3	8.11	
1961	1107.7	1701.7	4	10.81	
1962	1523	1682	5	13.51	
1963	923.6	1622.7	6	16.22	
1964	1423.6	1618.6	7	18.92	
1965	1268	1586.2	8	21.62	
1966	1527.4	1549.1	9	24.32	
1967	967.7	1527.4	10	27.03	
1968	1387.4	1523	11	29.73	
1969	797.5	1509.7	12	32.43	
1973	1496.8	1496.8	13	35.14	
1974	1067.2	1484.8	14	37.84	

1975	1395.2	1423.6	15	40.54	
1976	1087.3	1395.2	16	43.24	
1977	978.7	1387.4	17	45.95	
1978	1731.4	1305.2	18	48.65	
1979	1509.7	1300	19	51.35	
1980	1618.6	1268	20	54.05	
1981	1549.1	1217.8	21	56.76	
1982	1300	1197.8	22	59.46	
1983	1160.9	1160.9	23	62.16	
1984	1085.3	1147.4	24	64.86	
1985	497.3	1107.7	25	67.57	
1986	588.4	1087.3	26	70.27	
1987	1484.8	1085.3	27	72.97	1071.74
1988	2048.3	1067.2	28	75.68	
1989	1217.8	1047.1	29	78.38	
1990	5.4	978.7	30	81.08	
1992	111.9	967.7	31	83.78	
1993	1622.7	923.6	32	86.49	
1994	1305.2	797.5	33	89.19	
1995	1586.2	588.4	34	91.89	
1996	1701.7	545.1	35	94.59	
1997	1147.4	497.3	36	97.30	
1998	1682	111.9	37	100.00	
1999	545.1	5.4	38	102.70	

Fuente: INETER

ANEXO N° 5.3. Promedio de la probabilidad del 75% de precipitación anual de nandaimo

AÑO	Precipitación Anual (mm)	Precipitación Anual en Modo Decreciente (mm)	Número de Orden (m)	Probabilidad de Cada Año (Pa)	Precipitación Anual al 75% de Probabilidad (mm)
1958	1592.1	2271.5	1	1.82	
1959	1132.8	2205.2	2	3.64	
1960	2106.9	2107.6	3	5.45	
1961	1225.1	2106.9	4	7.27	
1962	1258.4	2060.9	5	9.09	
1963	1606.8	2043	6	10.91	
1964	1616.2	2004.5	7	12.73	
1965	1051.9	1961.7	8	14.55	
1966	1575	1959	9	16.36	

1967	971.6	1910.4	10	18.18	
1968	1582.1	1855.8	11	20.00	
1969	1959	1835.2	12	21.82	
1970	2060.9	1823.7	13	23.64	
1971	1718.3	1796.4	14	25.45	
1972	927.8	1768.2	15	27.27	
1973	1619.8	1724	16	29.09	
1974	1307.8	1718.3	17	30.91	
1975	2004.5	1671.7	18	32.73	
1976	816	1619.8	19	34.55	
1977	1076.4	1616.2	20	36.36	
1978	1052	1606.8	21	38.18	
1979	1855.8	1592.1	22	40.00	
1980	517.7	1588.2	23	41.82	
1981	1768.2	1582.1	24	43.64	
1982	1440.7	1575	25	45.45	
1983	1071	1572.5	26	47.27	
1984	1572.5	1570.7	27	49.09	
1985	1419.1	1440.7	28	50.91	
1986	1166.2	1419.1	29	52.73	
1987	1058.1	1321.9	30	54.55	
1988	2271.5	1307.8	31	56.36	
1989	1279.5	1279.5	32	58.18	
1990	1155.7	1258.4	33	60.00	
1991	991.8	1256.9	34	61.82	
1992	1095.3	1242.4	35	63.64	
1993	1910.4	1225.1	36	65.45	
1994	1256.9	1166.2	37	67.27	
1995	1961.7	1155.7	38	69.09	
1996	1835.2	1152.4	39	70.91	
1997	1031.1	1152.2	40	72.73	
1998	1796.4	1148	41	74.55	1144.22
1999	1588.2	1132.8	42	76.36	
2000	1152.4	1095.3	43	78.18	
2001	1242.4	1076.4	44	80.00	
2002	1671.7	1071	45	81.82	
2003	1724	1058.1	46	83.64	
2004	1321.9	1052	47	85.45	
2005	2043	1051.9	48	87.27	
2006	1148	1031.1	49	89.09	
2007	1570.7	991.8	50	90.91	

2008	2107.6	971.6	51	92.73	
2009	1152.2	927.8	52	94.55	
2010	2205.2	816	53	96.36	
2011	1823.7	517.7	54	98.18	
2012	385.1	385.1	55	100.00	

Fuente: INETER

ANEXO N° 5.4. Promedio de la probabilidad del 75% de precipitación anual de masaya

AÑO	Precipitación Anual (mm)	Precipitación Anual en Modo Decreciente (mm)	Número de Orden (m)	Probabilidad de Cada Año (Pa)	Precipitación Anual al 75% de Probabilidad (mm)
1977	423.7	1962.8	1	2.94	
1978	1113.5	1960.2	2	5.88	
1979	1494.1	1811.8	3	8.82	
1980	1388.4	1756.2	4	11.76	
1981	1699	1699	5	14.71	
1982	1531	1657.9	6	17.65	
1983	1204.2	1636.5	7	20.59	
1984	1344.1	1614	8	23.53	
1985	1142.3	1531	9	26.47	
1986	912.5	1494.1	10	29.41	
1987	1457.1	1475	11	32.35	
1988	1962.8	1457.1	12	35.29	
1989	1260.1	1417.4	13	38.24	
1990	1198.1	1408.4	14	41.18	
1991	1229.8	1388.4	15	44.12	
1992	904	1344.1	16	47.06	
1993	1417.4	1319.5	17	50.00	
1994	1132.2	1303	18	52.94	
1995	1636.5	1260.1	19	55.88	
1996	1756.2	1229.8	20	58.82	
1997	1117.8	1204.2	21	61.76	
1998	1614	1198.1	22	64.71	
1999	1408.4	1170.8	23	67.65	
2000	1142.1	1153.7	24	70.59	
2001	1319.5	1142.3	25	73.53	1142.2
2002	1153.7	1142.1	26	76.47	
2003	1657.9	1132.2	27	79.41	

2004	1170.8	1117.8	28	82.35	
2005	1811.8	1113.5	29	85.29	
2006	996.7	996.7	30	88.24	
2007	1475	913.2	31	91.18	
2008	1960.2	912.5	32	94.12	
2009	1303	904	33	97.06	
2010	913.2	423.7	34	100.00	

Fuente: INETER

ANEXO VI – HOJA DE CÁLCULO DE FERTILIZACIÓN

CÁLCULO DE FERTILIZACIÓN

A. Cálculo para el Nitrógeno (N):

- **Cálculo de la hectárea de suelo arable (W):**

$$W = \left[\text{Area (cm}^2\text{)} \times \text{Profundidad de muestreo (cm)} \times \text{Da (}\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\text{)} \right]$$
$$W = \left[(148609999 \text{ cm}^2) \times (20 \text{ cm}) \times \left(1.00 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \right] = 2,972,199,980 \text{ gr}$$
$$W = \frac{2,972,199,980 \text{ gr}}{1000 \text{ kg}} = 2,972,199.98 \text{ Kg/Ha}$$

- **Cálculo de nitrógeno disponible:**

$$\%Mo = \left[\frac{\text{Nitrogeno en el suelo} \times (W)}{1000000} \right]$$
$$\%Mo = \left[\frac{2,833.4 \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \times 2,972,199.98 \text{ Kg/Ha}}{1000000} \right] = 8,421.430 \text{ kg de N/Ha}$$

Esto es la cantidad de nitrógeno presente en la MO del suelo.

Cantidad de Nitrógeno Total del suelo.

- **Cálculo de la cantidad de nitrógeno asimilable por la planta (Nasimilable):**

$$\text{Nasimilable} = [\text{Ndisponible} \times \text{Porcentaje de Nasimible} / 100]$$
$$\text{Nasimilable} = [8,421.430 \text{ kg de N/Ha} \times 2 / 100] = 168.427 \text{ Kg de N/Ciclo}$$

- **Cálculo del requerimiento de nitrógeno por hectárea (Dosis de N):**

NARANJA

$$Dosis\ de\ N = \frac{Demanda - N\ asimilable}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis\ de\ N = \frac{250 \frac{Kg}{ha} - 168.427\ Kg\ de\ N/Ha}{50} \times 100 = \mathbf{81.57\ Kg\ de\ N/ha}$$

MANDARINA

$$Dosis\ de\ N = \frac{Demanda - N\ asimilable}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis\ de\ N = \frac{200\ Kg/ha - 168.427\ Kg\ de\ N/Ha}{50} \times 100 = \mathbf{31.573\ Kg\ de\ N/ha}$$

LIMÓN

$$Dosis\ de\ N = \frac{Demanda - N\ asimilable}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis\ de\ N = \frac{150\ Kg/ha - 168.427\ Kg\ de\ N/Ha}{50} \times 100 = \mathbf{-18\ Kg\ de\ N/ha}$$

B. Cálculo para el fósforo (P):

- **Cálculo de la cantidad de fósforo disponible:**

$$P_2O_5 = \left[\left(\frac{Kg\ de\ P}{Kg\ de\ suelo} \right) \times (W) \times (Fc) \right]$$

$$P_2O_5 = \left[\left(\frac{13.7 \frac{mg}{Kg}}{1 \times 10^6 Kg\ de\ suelo} \right) \times (2,972,199.98\ Kg/Ha) \times (2.29) \right] = \mathbf{93.247\ Kg\ P/Ha}$$

Cantidad de P disponible para el cultivo.

- **Cálculo del requerimiento de fósforo por hectárea (Dosis de P):**

NARANJA

$$Dosis\ de\ P = \frac{Demanda - P\ asimilable}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis\ de\ P = \frac{150\ Kg/ha - 93.247\ Kg\ P/Ha}{35} \times 100 = 56.753\ Kg\ de\ P/Ha$$

MANDARINA

$$Dosis\ de\ P = \frac{Demanda - P\ asimilable}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis\ de\ P = \frac{100\ Kg/ha - 93.247\ Kg\ P/Ha}{35} \times 100 = 6.753\ Kg\ de\ P/Ha$$

LIMÓN

$$Dosis\ de\ P = \frac{Demanda - P\ asimilable}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis\ de\ P = \frac{100\ Kg/ha - 93.247\ Kg\ P/Ha}{35} \times 100 = 6.753\ Kg\ de\ P/Ha$$

C. Cálculo para el Potasio (K)

- **Cálculo de la cantidad de potasio disponible (K_2O):**

1 peq = peso molecular (Pm)/Valencia (V).

$$V = 1$$

$$1\ peq\ K = 39/1$$

Según el análisis de suelo, el contenido de potasio es $K = 3.12\ meq/100gr$ de suelo

$$1\ peq\ K = 39$$

$$0.94\ meq\ K = 36.66\ mg\ k/100\ gr\ de\ suelo.$$

Se multiplicó por 10 para convertir de mg de K/100 gr de suelo a mg de K/Kg de suelo = **3,666 mg de K/Kg de suelo**

Se dividió entre 1×10^6 para convertir de mg a kg.

$$K_2O = \left[\left(\frac{Kg \text{ de } K}{Kg \text{ de Suelo}} \right) \times W \times Fc. \right]$$

$$K_2O = \left[\left(\frac{3,666 \text{ mg de } Kg}{1 \times 10^6 \text{ Kg de Suelo}} \right) \times (2,972,199.98 \text{ Kg/Ha}) \times 1.2 \right]$$

$$= \mathbf{13,075.302 \text{ Kg de K/Ha}}$$

- **Cálculo de la cantidad de potasio por hectárea (Dosis de K):**

NARANJA

$$Dosis \text{ de } K = \frac{Demanda - K \text{ asimilable}}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis \text{ de } K = \frac{150 \text{ Kg/Ha} - 13,075.302 \text{ Kg de K/Ha}}{60} \times 100$$

$$= \mathbf{-12,925.302 \text{ Kg de K/Ha}}$$

MANDARINA

$$Dosis \text{ de } K = \frac{Demanda - K \text{ asimilable}}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis \text{ de } K = \frac{130 \text{ Kg/Ha} - 13,075.302 \text{ Kg de K/Ha}}{60} \times 100$$

$$= \mathbf{-12,945.302 \text{ Kg de K/Ha}}$$

LIMÓN

$$Dosis \text{ de } K = \frac{Demanda - K \text{ asimilable}}{eficiencia} \times 100$$

$$Dosis\ de\ K = \frac{130\ Kg/Ha - 13,075.302\ Kg\ de\ K/Ha}{60} \times 100$$

$$= -12,945.302\ Kg\ de\ K/Ha$$

D. Determinación de dosis de fertilizantes a emplear

Luego obtenemos las propuestas de cantidades de nutrientes que se emplearán en la fertirrigación:

CULTIVO	DOSIS (Kg)
Naranja	100 Kg de N/Ha
	100 Kg de P/Ha
	50 Kg de K/Ha
Mandarina	100 Kg de N/Ha
	50 Kg de P/Ha
	50 Kg de K/Ha
Limón	50 Kg de N/Ha
	50 Kg de P/Ha
	50 Kg de K/Ha

Según resultados de cálculos utilizamos los siguientes fertilizantes sólidos como: Nitrato de Amonio Cristalino (34.5-00-00), Fosfato Monoamónico M.A.P. (11-52-00), y Cloruro de Potasio Soluble M.O.P (00-00-60), con esta información procedemos a determinar las dosis correspondientes para cada cultivo:

NARANJA

$$DOSIS\ de\ P = \frac{Cantidad\ de\ Fósforo\ por\ Hectarea}{Porcentaje\ de\ concentración\ de\ pentóxido\ de\ sodio} = Kg\ de\ MAP$$

$$DOSIS\ de\ P = \frac{100\ Kg\ de\ P/Ha}{0.52} = 192.308\ Kg\ de\ MAP$$

$$DOSIS\ de\ P = \frac{192.308\ Kg\ de\ MAP}{42.5\ Kg/qq} = 4.525\ qq\ de\ MAP$$

$$\begin{aligned} \text{DOSIS de N} &= (\text{Dosis de P})(\text{Porcentaje de concentración Nitrogeno}) \\ &= \text{Kg de MAP} \end{aligned}$$

$$\text{DOSIS de N} = (192.308)(0.11) = 21.154 \text{ Kg de Nitrato de Amonio}$$

$$\text{DOSIS de N} = (100 - 21.154) = 78.846 \text{ Kg de Nitrato de Amonio}$$

Los cuales aplicaremos a través de la fórmula de Nitrato de Amonio Cristalina.

$$\text{DOSIS de N} = \frac{78.846 \text{ Kg de N}}{0.345} = 228.539 \text{ Kg de Nitrato de Amonio}$$

$$\text{DOSIS de N} = \frac{228.539 \text{ Kg de N}}{42.5 \text{ Kg/qq}} = \mathbf{5.377 \text{ qq de Nitrato de Amonio}}$$

$$\text{DOSIS de K} = \frac{\text{Cantidad de potasio por hectaria}}{\text{Porcentaje de concentración de oxido de potasio}} = \text{Kg de MOP}$$

$$\text{DOSIS de K} = \frac{50 \text{ Kg de K/Ha}}{0.60} = 83.333 \text{ Kg de MOP}$$

$$\text{DOSIS de K} = \frac{83.333 \text{ Kg de K/Ha}}{42.5 \text{ Kg/qq}} = \mathbf{1.961 \text{ qq de MOP}}$$

Para determinar la cantidad de fertilizantes por zona:

Zona	Área Cultivada (Ha)
Naranja	0.872

NITRÓGENO	0.872	5.377	4.689 Kg de N de A
FOSFORO	0.872	4.525	3.946 Kg de MAP
POTASIO	0.872	1.961	1.710 Kg de MOP

MANDARINA

$$\text{DOSIS de P} = \frac{\text{Cantidad de Fósforo por Hectarea}}{\text{Porcentaje de concentración de pentoxido de sodio}} = \text{Kg de MAP}$$

$$\text{DOSIS de P} = \frac{100 \text{ Kg de P/Ha}}{0.52} = 192.308 \text{ Kg de MAP}$$

$$\text{DOSIS de P} = \frac{192.308 \text{ Kg de MAP}}{42.5} = \mathbf{4.525 \text{ qq de MAP}}$$

$$DOSIS\ de\ N = (Dosis\ de\ P)(Porcentaje\ de\ concentraci3n\ Nitrogeno) \\ = Kg\ de\ MAP$$

$$DOSIS\ de\ N = (192.308)(0.11) = 21.154\ Kg\ de\ Nitrato\ de\ Amonio$$

$$DOSIS\ de\ N = (100 - 21.154) = 78.846\ Kg\ de\ Nitrato\ de\ Amonio$$

Los cuales aplicaremos a trav3s de la f3rmula de Nitrato de Amonio Cristalina.

$$DOSIS\ de\ N = \frac{78.846\ Kg\ de\ N}{0.345} = 228.539\ Kg\ de\ Nitrato\ de\ Amonio$$

$$DOSIS\ de\ N = \frac{78.846\ Kg\ de\ N}{42.5} = 5.377\ qq\ de\ Nitrato\ de\ Amonio$$

$$DOSIS\ de\ K = \frac{Cantidad\ de\ potasio\ por\ hectaria}{Porcentaje\ de\ concentraci3n\ de\ oxido\ de\ potasio} = Kg\ de\ MOP$$

$$DOSIS\ de\ K = \frac{50\ Kg\ de\ K/Ha}{0.60} = 83.333Kg\ de\ MOP$$

$$DOSIS\ de\ K = \frac{83.333\ Kg\ de\ K/Ha}{42.5} = 1.961\ qq\ de\ MOP$$

Para determinar la cantidad de fertilizantes por zona:

Zona	Área Cultivada (Ha)
Mandarina	0.440

NITRÓGENO	0.440	5.377	2.366 Kg de N de A
FÓSFORO	0.440	4.525	1.991 Kg de MAP
POTASIO	0.440	1.961	0.863 Kg de MOP

LIMÓN

$$DOSIS\ de\ P = \frac{Cantidad\ de\ F3sforo\ por\ Hectarea}{Porcentaje\ de\ concentraci3n\ de\ pentoxido\ de\ sodio} = Kg\ de\ MAP$$

$$DOSIS\ de\ P = \frac{50\ Kg\ de\ P/Ha}{0.52} = 96.154\ Kg\ de\ MAP$$

$$DOSIS\ de\ P = \frac{96.154\ Kg\ de\ MAP}{42.5} = 2.262\ qq\ de\ MAP$$

$$DOSIS\ de\ N = (Dosis\ de\ P)(Porcentaje\ de\ concentraci3n\ Nitrogeno) \\ = Kg\ de\ MAP$$

$$DOSIS\ de\ N = (96.154)(0.11) = 10.577\ Kg\ de\ Nitrato\ de\ Amonio$$

$$DOSIS\ de\ N = (50 - 10.577) = 39.423\ Kg\ de\ Nitrato\ de\ Amonio$$

Los cuales aplicaremos a trav3s de la f3rmula de Nitrato de Amonio Cristalina.

$$DOSIS\ de\ N = \frac{39.423\ Kg\ de\ N}{0.345} = 114.270\ Kg\ de\ Nitrato\ de\ Amonio$$

$$DOSIS\ de\ N = \frac{114.270\ Kg\ de\ N}{42.5} = 2.689\ qq\ de\ Nitrato\ de\ Amonio$$

$$DOSIS\ de\ K = \frac{Cantidad\ de\ potasio\ por\ hectaria}{Porcentaje\ de\ concentraci3n\ de\ oxido\ de\ potasio} = Kg\ de\ MOP$$

$$DOSIS\ de\ K = \frac{50\ Kg\ de\ K/Ha}{0.60} = 83.333Kg\ de\ MOP$$

$$DOSIS\ de\ K = \frac{83.333\ Kg\ de\ K/Ha}{42.5} = 1.961\ qq\ de\ MOP$$

Para determinar la cantidad de fertilizantes por zona:

Zona	Área Cultivada (Ha)
Lim3n	0.174

NITR3GENO	0.174	2.689	0.466 qq de N de A
F3SFORO	0.174	2.262	0.394 qq de MAP
POTASIO	0.174	1.961	0.341 qq de MOP

ANEXO VII – TABLAS DE DISEÑO AGRONÓMICO

ANEXO N° 7.1. Diseño agronómico naranja valencia

DISEÑO AGRONÓMICO (NARANJA VALENCIA)

Datos de Entrada

Zona Managua
 ETO máxima del día en el mes de Abril: mm/día Suelo

Cultivo Superficie m² Splanta

Marco de plantación Superficie real del marco m²

Superficie de calculo m²

Salinidad del Agua(CE): mmhos/cm mmhos/cm

Salinidad del suelo(CS) mmhos/cm Jornada 10 horas

COEFICIENTES

Kc Ks Ka

Kl Ku

Keu

Cálculo de las necesidades de agua en la planta

Agua sin salinidad (Ce<=1mmhos/cm)

$$ND = (Kc * Ks * Ka * Ku * ET * M)$$

ND l/día/árbol

Cálculo Número de Gotero por árbol

Características Hidráulicas del Gotero

GOTERO AUTOCOMPENSANTE

Gotero elegido	<input type="text" value="8"/>	l/h	Smj	<input type="text" value="1.4"/>	m ²
Separación Gotero	<input type="text" value="200"/>	cm	<input type="text" value="2"/>		m
Presión a la entrada de la tubería portagotero			<input type="text" value="1"/>		Bar
Longitud máxima de ramal de tubería			<input type="text" value="48"/>		m
Nº gotero/árbol=	<input type="text" value="4"/>	Goteros/planta			1

Cálculo del tiempo de Riego

$$Tr = \frac{Dn}{Ng * Qq}$$

Tr horas

Cálculo del Numero de sectores

$$N \text{ sectores} = \frac{Jornada}{T \text{ riego}}$$

N Sectores

Cálculo Caudal de bombeo

1º Número de plantas en total en la superficie (Np):

$$Np = \frac{Superficie (m^2)}{Marco de riego plantación (m^2)}$$

Np	545	Plantas
----	-----	---------

2º Número de planta a regar Simultáneamente (Nprs)

$$Nprs = \frac{\text{Número de planta total}}{\text{Número de Sectores}}$$

Nprs	182	Plantas
------	-----	---------

3º Caudal Bombeo (Qb)(caudal de un sector)

$$Qb = Nprs * Ng * Qg$$

Qb	5,478.63	l/h
----	----------	-----

Qb	1.53	l/s
----	------	-----

Caudal necesario para regar el área

$$Qn = \frac{Qb \left(\frac{l}{s}\right)}{A (ha)}$$

Qn	1.75	l/s-ha
----	------	--------

Fuente: Propia

ANEXO N° 7.2. Diseño agronómico limón tahiti

DISEÑO AGRONÓMICO (LIMÓN TAHITI)

Datos de Entrada

Zona Managua

ETO maxima del dia en el mes de Abril: 5.47 mm/día Suelo

Cultivo LIMON Superficie 1,740.00 m² Splanta 4

Marco de plantación 4x4 Superficie real del marco 16 m²

Superficie de calculo 16 m²

Salinidad del Agua(CE): 0.12 mmhos/cm 0.12 mmhos/cm

Salinidad del suelo(CS) 0.11 mmhos/cm Jornada 10 horas

COEFICIENTES

Kc 0.6 Ks 0.7 Ka 1.2

KI=1-NL KI Ku 1.1

Keu 1.2

Cálculo de las necesidades de agua en la planta

Agua sin salinidad (Ce<=1mmhos/cm)

$$ND = (Kc * Ks * Ka * Ku * ET * M)$$

ND 52.93 l/día/árbol

Cálculo Número de Gotero por árbol

Características Hidráulicas del Gotero

GOTERO AUTOCOMPENSANTE

Gotero elegido	<input type="text" value="8"/>	l/h	Smj	<input type="text" value="1.4"/>	m ²
Separación Gotero	<input type="text" value="200"/>	cm	<input type="text" value="2"/>	m	
Presión a la entrada de la tubería portagotero			<input type="text" value="1"/>	Bar	
Longitud maxima de ramal de tubería			<input type="text" value="48"/>	m	
Nº gotero/arbol=	<input type="text" value="3.7714"/>	Goteros/planta	4		

Cálculo del tiempo de Riego

$$Tr = \frac{Dn}{Ng * Qq}$$

Tr	<input type="text" value="2"/>	horas
----	--------------------------------	-------

Cálculo del Numero de sectores

$$N \text{ sectores} = \frac{Jornada}{T \text{ riego}}$$

N	<input type="text" value="6"/>	Sectores
---	--------------------------------	----------

Cálculo Caudal de bombeo

1º Número de plantas en total en la superficie (Np):

$$Np = \frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{\text{Marco de riego plantación (m}^2\text{)}}$$

Np Plantas

2º Número de planta a regar Simultáneamente (Nprs)

$$Nprs = \frac{\text{Número de planta total}}{\text{Número de Sectores}}$$

Nprs Plantas

3º Caudal Bombeo (Qb)(caudal de un sector)

$$Qb = Nprs * Ng * Qg$$

Qb l/h

Qb l/s

Caudal Necesario para regar el área

$$Qn = \frac{Qb \left(\frac{l}{s}\right)}{A (ha)}$$

Qn l/s-ha

Fuente: Propia

ANEXO N° 7.3. Diseño agronómico mandarina

DISEÑO AGRONÓMICO (MANDARINA)

Datos de Entrada

Zona Managua

ETO maxima del dia en el mes de Abril: 5.47 mm/día Suelo

Cultivo LIMON Superficie 4403 m² Splanta 4

Marco de plantación 4x4 Superficie real del marco 16 m²

Superficie de calculo 16 m²

Salinidad del Agua(CE): 0.12 mmhos/cm 0.12 mmhos/cm

Salinidad del suelo(CS) 0.11 mmhos/cm Jornada 10 horas

COEFICIENTES

Kc 0.6 Ks 0.7 Ka 1.2

Kl=1-NL KI Ku 1.1

Keu 1.2

Cálculo de las necesidades de agua en la planta

Agua sin salinidad (Ce<=1mmhos/cm)

$$ND = (Kc * Ks * Ka * Ku * ET * M)$$

ND l/día/árbol

Cálculo Número de Gotero por árbol

Características Hidráulicas del Gotero

GOTERO AUTOCOMPENSANTE

Gotero elegido l/h Smj m²

Separación Gotero cm m

Presión a la entrada de la tubería portagotero Bar

Longitud maxima de ramal de tubería m

Nº gotero/árbol= Goteros/planta 4

Cálculo del tiempo de Riego

$$Tr = \frac{Dn}{Ng * Qq}$$

Tr horas

Cálculo del Numero de sectores

$$N \text{ sectores} = \frac{Jornada}{T \text{ riego}}$$

N Sectores

Cálculo Caudal de bombeo

1º Número de plantas en total en la superficie (Np):

$$Np = \frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{\text{Marco de riego plantación (m}^2\text{)}}$$

Np Plantas

2º Número de planta a regar Simultáneamente (Nprs)

$$Nprs = \frac{\text{Número de planta total}}{\text{Número de Sectores}}$$

Nprs Plantas

3º Caudal Bombeo (Qb)(caudal de un sector)

$$Qb = Nprs * Ng * Qg$$

Qb l/h

Qb l/s

Caudal Necesario para regar el área

$$Qn = \frac{Qb \left(\frac{l}{s}\right)}{A (ha)}$$

Qn l/s-ha

Fuente: Propia

ANEXO VIII – TABLAS DE DISEÑO HIDRAÚLICO

ANEXO N° 8.1. Diseño hidráulico tubería lateral

DISEÑO TUBERIA LATERAL

Nº SECTORES	Nºgoteros /árbol	Espaciamiento gotero(m)	Esp entre árbol(m)	Nºsalidas	Nº árbol por latral	Caudal de gotero(lps)	Presión gotero(mca)	Exponente de descarga	Longitud de diseño
1	4	4	4	52.0000	13.0000	8	10.20	0.50	52.27
2	4	4	4	40.0000	10.0000	8	10.20	0.50	40.12
3	4	4	4	32.0000	8.0000	8	10.20	0.50	32.65
4	4	4	4	36.0000	9.0000	8	10.20	0.50	37.15
5	4	4	4	36.0000	9.0000	8	10.20	0.50	37.58
6	4	4	4	40.0000	10.0000	8	10.20	0.50	37.43

Qlateral (lph)	Longitud ficticia(m)	ha(mcm)	F	Diámetro Teórico (mm)	Diámetro interno (mm)	h(mca)	Po(mca)
416	67.87	1.12	0.35460	15.17	16.0	0.87	3.34
320	52.12	1.12	0.35700	13.05	16.0	0.43	7.51
256	42.25	1.12	0.36080	11.53	13.0	0.63	5.66
288	47.95	1.12	0.35860	12.35	13.0	0.88	5.84
288	48.38	1.12	0.35860	12.37	13.0	0.89	2.85
320	49.43	1.12	0.35700	12.91	13.0	1.08	2.49

Fuente: Propia

ANEXO N° 8.2. Diseño hidráulico tubería secundaria

DISEÑO TUBERÍA SECUNDARIA

Nº SECTORES	Tuberías secundarias	Distancia entre portagoteros(m)	Longitud de lateral(m)	Qlateral (l/h)	Qlateral (m ³ /h)	Longitud Tubería sec(m)	Nº líneas	Q de la secundaria (l/h)	h'a (mca)
1	TS 1-1	4	52.27	416.0000	0.4160	48.38	12	4992.00	1.83
	TS 1-2	4	52.27	416.0000	0.4160	37.13	9	3744.00	1.83
2	TS 2-1	4	40.12	320.0000	0.3200	37.13	9	2880.00	1.96
	TS 2-2	4	40.12	320.0000	0.3200	37.13	9	2880.00	1.96
3	TS 3-1	4	32.65	256.0000	0.2560	37.13	9	2304.00	1.96
	TS 3-2	4	32.65	256.0000	0.2560	37.13	9	2304.00	1.96
4	TS 4-1	4	37.15	288.0000	0.2880	35.17	9	2592.00	1.96
	TS 4-2	4	37.15	288.0000	0.2880	35.17	9	2592.00	1.96
5	TS 5-1	4	37.58	288.0000	0.2880	35.17	9	2592.00	1.96
	TS 5-2	4	37.58	288.0000	0.2880	35.17	9	2592.00	1.96
6	TS 6-1	4	37.43	320.0000	0.3200	35.17	9	2880.00	1.96
	TS 6-2	4	37.43	320.0000	0.3200	35.17	9	2880.00	1.96

Fuente: Propia

ANEXO N° 8.3. Diseño hidráulico tubería secundaria

DISEÑO TUBERÍA SECUNDARIA

Longitud Ficticia(m)	Factor de christiasen	Dteorico (mm)	Ø Nominal (mm)	Ø Interno (mm)	h´(mca)	P´o(mca)
54	0.383	33.16	40	36.4	1.18	7.86
42	0.402	28.49	40	36.4	0.57	7.42
42	0.402	25.50	32	28.4	1.18	12.57
42	0.402	25.50	32	28.4	1.18	12.57
42	0.402	23.48	32	28.4	0.80	10.69
42	0.402	23.48	32	28.4	0.80	10.69
40	0.402	24.25	32	28.4	0.93	12.39
40	0.402	24.25	32	28.4	0.93	12.39
40	0.402	24.25	32	28.4	0.93	12.39
40	0.402	24.25	32	28.4	0.93	12.39
40	0.402	25.21	32	28.4	1.12	12.52
40	0.402	25.21	32	28.4	1.12	12.52

Fuente: Propia

ANEXO N° 8.4. Diseño hidráulico tubería principal

CALCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍA PRINCIPAL

CAUDAL POR VÁLVULA Y SECTOR

SECTOR	VÁLVULA	TUBERIA SECUNDARIA	Q (l/h)	Q (m ³ /seg)	Qval (m ³ /s)	QSEC (m ³ /seg)
SECTOR 1	VÁLVULA 1	TS1-1	4992.00	0.0014	0.0024	0.00243
		TS1-2	3744.00	0.0010		
SECTOR 2	VÁLVULA 2	TS2-1	2880.00	0.0008	0.0016	0.00160
		TS2-2	2880.00	0.0008		
SECTOR 3	VÁLVULA 3	TS3-1	2304.00	0.0006	0.0013	0.0013
		TS3-2	2304.00	0.0006		
SECTOR 4	VÁLVULA 4	TS4-1	2592.00	0.0007	0.0014	0.00144
		TS4-2	2592.00	0.0007		
SECTOR 5	VALVULA 5	TS5-1	2592.00	0.0007	0.0014	0.0014
		TS5-2	2592.00	0.0007		
SECTOR 6	VALVULA 6	TS6-1	2880.00	0.0008	0.0016	0.0016
		TS6-2	2880.00	0.0008		

Fuente: Propia

ANEXO N° 8.5. Diseño hidráulico longitudes por tramo

LONGITUDES POR TRAMO

NODOS		TRAMO	LONG(m)
TOMA	N1	TP-1	24.79
N1	V1	TP-2	41.47
V1	N2	TP-3	43.02
N2	V2	TP-4	35.1
V2	N3	TP-5	26.57
N3	V3	TP-6	52.39
N3	V4	TP-6	45.61
N2	V5	TP-4	28.41
N1	V6	TP-2	38.24

ANEXO N° 8.6. Diseño hidráulico diámetro nominal

Dnominal(mm)	h(mca)
63	0.44
63	0.73
50	1.18
50	0.97
50	0.49
50	0.98
50	1.04
50	0.65
63	0.33

Fuente: Propia

ANEXO N° 8.7. Diseño hidráulico cálculo de pérdidas de carga

CALCULO PÉRDIDAS DE CARGA TUBERÍA PRINCIPAL

DESDE	HASTA	TRAMO	Q(m ³ /seg)	Q(l/h)	Long(m)	Lf(m)	vmaxper(m/s)	Dteorico(mm)	Dinterior(mm)
TOMA	N1	TP-1	0.0024	8736	24.79	29.748	1	55.59	59.40
N1	V1	TP-2	0.0024	8736	41.47	49.764	1	55.59	59.40
V1	N2	TP-3	0.00160	5760	43.02	51.624	1	45.14	46.40
N2	V2	TP-4	0.0016	5760	35.1	42.12	1	45.14	46.40
V2	N3	TP-5	0.0013	4608	26.57	31.884	1	40.37	46.40
N3	V3	TP-6	0.0013	4608	52.39	62.868	1	40.37	46.40
N3	V4	TP-6	0.00144	5184	45.61	54.732	1	42.82	46.40
N2	V5	TP-4	0.0014	5184	28.41	34.092	1	42.82	46.40
N1	V6	TP-2	0.0016	5760	38.24	45.888	1	45.14	59.40

Fuente: Propia

ANEXO N° 8.8. Diseño hidráulico tabla de pérdida de carga en tuberías

PERDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS DE "PE" DE BAJA DENSIDAD								
Ø	l/s	m3/h	4 atm %	6 atm %	10 atm %	Ø interior 4 atm	Ø interior 6 atm	Ø interior 10 atm
20	0,25	0,90	15,00	15,00		16,00	16,00	14,20
	0,20	0,72	10,00	10,00	14,00			
	0,15	0,54	6,00	6,00	8,50			
	0,10	0,36	3,00	3,00	4,05			
25	0,44	1,60	9,00	11,00		21,00	20,40	17,80
	0,35	1,26	8,00	7,00				
	0,30	1,08	6,80	6,00	10,00			
	0,25	0,90	4,80	4,00	8,00			
	0,20	0,72	2,90	3,00	5,80			
	0,10	0,36	0,80		1,70			
32	0,69	2,50	6,50	8,00		28,00	26,00	23,20
	0,65	2,34	4,80	7,00				
	0,60	2,16	4,00	6,00				
	0,55	1,98	3,80	5,00				
	0,50	1,80	3,20	4,50				
	0,45	1,62	3,00	4,00	6,00			
	0,40	1,44	2,50	3,20	5,00			
	0,35	1,26	2,00	2,50	4,00			
	0,20	0,72	0,70		1,50			
40	1,13	4,10	5,80	7,00		35,00	32,60	29,00
	1,00	3,60	4,20	6,00				

	0,90	3,24	4,00	5,00				
	0,80	2,88	3,50	4,00	6,00			
	0,70	2,52	2,00	3,20	4,50			
	0,60	2,16	1,80	2,50	3,20			
	0,50	1,80	1,20	1,80	2,50			
	0,40	1,44	0,70		1,60			
50	1,72	6,20	3,80	6,00		43,60	40,80	36,20
	1,60	5,76	2,80	5,00				
	1,50	5,40	2,20	4,00				
	1,40	5,04	2,00	3,00				
	1,25	4,50	1,80	2,50	4,00			
	1,00	3,60	1,50	2,00	3,00			
	0,90	3,24	1,30	1,60	2,50			
	0,80	2,88	0,85	1,50	2,00			
	0,70	2,52	0,70		1,50			
63	2,80	10,08	2,50	4,00		55,00	51,40	45,8
	2,50	9,00	1,80	3,50				
	2,00	7,20	1,30	2,00	3,00			
	1,50	5,40	0,70	1,40	2,00			
	1,00	3,60	0,40		1,00			
75	3,88	14,00	2,40	3,00		65,60	61,20	54,40
	3,00	10,80	1,50	2,00				
	2,50	9,00	1,00	1,45	2,75			
	2,00	7,20	0,70	1,00	1,50			
	1,50	5,40	0,35		0,95			

Fuente: CEDEX. Diseños de sistema de regadíos, 2008

ANEXO N° 8.9. Diseño hidráulico tabla de Factor de Christiasen F

$l_o = l$						$l_o = l/2$					
n	$\beta = 1.75$	$\beta = 1.80$	$\beta = 1.85$	$\beta = 1.90$	$\beta = 2.00$	n	$\beta = 1.75$	$\beta = 1.80$	$\beta = 1.85$	$\beta = 1.90$	$\beta = 2.00$
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.650	0.644	0.639	0.634	0.625	2	0.532	0.525	0.518	0.512	0.500
3	0.546	0.540	0.535	0.528	0.518	3	0.455	0.448	0.441	0.434	0.422
4	0.497	0.491	0.486	0.480	0.469	4	0.426	0.419	0.412	0.405	0.393
5	0.469	0.463	0.457	0.451	0.440	5	0.410	0.403	0.397	0.390	0.378
6	0.451	0.445	0.435	0.433	0.421	6	0.401	0.394	0.387	0.381	0.369
7	0.438	0.432	0.425	0.419	0.408	7	0.395	0.388	0.381	0.375	0.363
8	0.428	0.422	0.415	0.410	0.398	8	0.390	0.383	0.377	0.370	0.358
9	0.421	0.414	0.409	0.402	0.391	9	0.387	0.380	0.374	0.367	0.355
10	0.415	0.409	0.402	0.396	0.385	10	0.384	0.378	0.371	0.365	0.353
11	0.410	0.404	0.397	0.392	0.380	11	0.382	0.375	0.369	0.363	0.351
12	0.406	0.400	0.394	0.388	0.376	12	0.380	0.374	0.367	0.361	0.349
13	0.403	0.396	0.391	0.384	0.373	13	0.379	0.372	0.366	0.360	0.348
14	0.400	0.394	0.387	0.381	0.370	14	0.378	0.371	0.365	0.358	0.347
15	0.397	0.391	0.384	0.379	0.367	15	0.377	0.370	0.364	0.357	0.346
16	0.395	0.389	0.382	0.377	0.365	16	0.376	0.369	0.363	0.357	0.345
17	0.393	0.387	0.380	0.375	0.363	17	0.375	0.368	0.362	0.356	0.344
18	0.392	0.385	0.379	0.373	0.361	18	0.374	0.368	0.361	0.355	0.343
19	0.390	0.384	0.377	0.372	0.360	19	0.374	0.367	0.361	0.355	0.343
20	0.389	0.382	0.376	0.370	0.359	20	0.373	0.367	0.360	0.354	0.342
22	0.387	0.380	0.374	0.368	0.357	22	0.372	0.366	0.359	0.353	0.341
24	0.385	0.378	0.372	0.365	0.355	24	0.372	0.365	0.359	0.352	0.341
26	0.383	0.376	0.370	0.364	0.353	26	0.371	0.364	0.358	0.351	0.340
28	0.382	0.375	0.369	0.363	0.351	28	0.370	0.364	0.357	0.351	0.340
30	0.380	0.374	0.368	0.362	0.350	30	0.370	0.363	0.357	0.350	0.339
35	0.378	0.371	0.365	0.359	0.347	35	0.369	0.362	0.356	0.350	0.338
40	0.376	0.370	0.364	0.357	0.345	40	0.368	0.362	0.355	0.349	0.338
50	0.374	0.367	0.361	0.355	0.343	50	0.367	0.361	0.354	0.348	0.337
60	0.372	0.366	0.359	0.353	0.342	100	0.365	0.359	0.353	0.347	0.335
80	0.370	0.363	0.357	0.351	0.340	200	0.365	0.358	0.352	0.346	0.334
100	0.369	0.362	0.356	0.350	0.338						
150	0.367	0.360	0.354	0.348	0.337						
300	0.365	0.359	0.353	0.346	0.335						
>300	0.364	0.357	0.351	0.345	0.333						

n = Número de salidas.
 $\beta = 1.75$. Blasius, Cruciani-Margaritora.
 $\beta = 1.786$. Scimemi.
 $\beta = 1.80$. Izo, Veronese-Datei.
 $\beta = 1.85$. Hazen-Williams.
 $\beta = 1.90$. Scobey.
 $\beta = 2$. Manning, Darcy-Weisbach.

En la práctica se toman los siguientes valores de β :

$\beta = 1.75$ para tubería de PE
 $\beta = 1.80$ para tubería de PVC
 $\beta = 1.85 - 1.90$ para tubería de aluminio

Fuente: Fuentes Jague José Luis, 2003

ANEXO N° 8.10. Diseño hidráulico tabla de costo y presupuesto sistema de fertirriego

ITEM	DESCRICCION	UNIDAD	CANTIDAD		Costo Unitario (\$)		COSTO \$	FUENTE
1	Tubería PVC SDR 64	2"	107	tubos (mts)	4.12	(tubo)	440.84	Ferretería Pedro José Mora
2	Tubería PVC SDR	3"	12	tubos (mts)	6.875	(tubo)	82.5	Durman Esquivel Nicaragua
3	Manguera de PE	16mm	4200	metros	0.26	rollos (metro)	1092	Durman Esquivel Nicaragua
4	Goterros Pro K de 8 l/h	Gotero	3740	goteros	0.08	gotero	299.2	Sagsa disagro
5	Válvula de bola lisa	3"	2	unidad	3.4	válvula	6.8	Durman Esquivel Nicaragua
6	Válvula de bola lisa	2"	4	unidad	3.37	válvula	13.48	Durman Esquivel Nicaragua
7	Tee lisa	2"	12	unidad	0.99	tee	11.88	Durman Esquivel Nicaragua
8	Tee lisa	3"	6	unidad	1.81	tee	10.86	Ferretería Pedro José Mora
9	Codo de 45°	3"	3	unidad	1.19	codo	3.57	Ferretería Pedro José Mora
10	Codo de 45°	2"	12	unidad	0.79	codo	9.48	Durman Esquivel Nicaragua
11	Codo de 90°	2"	13	unidad	0.79	codo	10.27	Durman Esquivel Nicaragua
13	Adaptadores macho C/R	2"	13	unidad	0.49	adaptador	6.37	Durman Esquivel Nicaragua
15	tapón hembra C/R	2"	13	unidad	0.99	tapón	12.87	Durman Esquivel Nicaragua
16	Filtro de disco 2" 120 mesh ,FLF	2"	1	unidad	24.04	filtro	24.04	Sagsa disagro
17	Manómetro de Glicerina 0-100 psi		1	unidad	10	manómetro	10	Durman Esquivel nicaragua
18	Inyector tipo Venturi 2"+ kit/suc	2"	1	unidad	203	Venturi	203	Sagsa disagro
19	Galón de acetona	Galón	1	unidad	12.1	galón	12.1	Durman Esquivel Nicaragua
20	Rollos de teflón 3 / 4	rollo	30	unidad	0.25	rollos (metro)	7.5	Ferretería Pedro José Mora
21	Reductor 3"- 2"capsa	3"- 2"	1	unidad	1.3	reductor	1.3	Ferretería Pedro José Mora
22	Tubo de silicón	tubo	1	unidad	1.83	tubo	1.83	Ferretería Pedro José Mora
23	Reductores Bushing	1/2" x 1/4 " hg	1	unidad	2.14	reductor	2.14	Sagsa Disagro
24	Galón de pega PVC	Galón	1	unidad	27	galón	27	Durman Esquivel Nicaragua
25	Conector inicial PVC y empaque	16 mm	109	unidad	0.38	conector	41.42	Durman Esquivel Nicaragua
26	válvula de aire	3"	1	unidad	4.2	válvula	4.2	Durman Esquivel Nicaragua
27	Motobomba centrífuga de presión modelo 30AG/2051	8 hp	1	unidad	1953	bomba	1953	John May & CO (Maquinarias) .S.A

Fuente: Propia

sud total	4287.65
IVA	643.1475
COSTO TOTAL	4930.7975

**ANEXO IX – PLANOS DE LEVANTAMIENTO
TOPOGRAFICO, CURVAS DE NIVEL, POLIGONO DE
THIESSEN, DISEÑO GEOMÉTRICO Y DETALLES
CONSTRUCTIVOS OBRA HIDÁULICA**

ANEXO X – IMÁGENES

ANEXO N° 10.1. Imagen de obras hidráulicas existentes en la zona



Fuente: Propia

ANEXO N° 10.2. Imagen de topografía del terreno



Fuente: Propia

ANEXO N° 10.3. Imagen injerto de naranja valencia y goteros por planta



Fuente: Propia

ANEXO N° 10.4. Imagen de conexiones de mangueras



Fuente: Propia